

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4341108号
(P4341108)

(45) 発行日 平成21年10月7日(2009.10.7)

(24) 登録日 平成21年7月17日(2009.7.17)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 B 27/02 (2006.01) G 0 2 B 27/02 Z

請求項の数 15 (全 32 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平11-200724 (22) 出願日 平成11年7月14日(1999.7.14) (65) 公開番号 特開2001-27739(P2001-27739A) (43) 公開日 平成13年1月30日(2001.1.30) 審査請求日 平成18年3月13日(2006.3.13)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000002185 ソニー株式会社 東京都港区港南1丁目7番1号 (74) 代理人 100122884 弁理士 角田 芳末 (74) 代理人 100133824 弁理士 伊藤 仁恭 (72) 発明者 武川 洋 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ ニー株式会社内 審査官 山村 浩</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 虚像観察光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

反射型空間光変調素子と、

該反射型空間光変調素子に照明用光線を提供するための照明用光源装置と、

上記照明用光源装置から発せられる照明用光線の光路上に配置され、上記照明用光源装置からの照明用光線を反射して上記反射型空間光変調素子に導く第1の光束分割面を有する光束分割素子を含む光源光学系と、

上記反射型空間光変調素子によって変調された画像光線の上記光束分割素子を透過した出射側に配置され、上記反射型空間光変調素子からの画像光線の入射側に屈折面と、該屈折面から入射した上記画像光線を全反射させる平面の第2の光束分割面と、該第2の光束分割面によって全反射された上記画像光線を反射し、上記第2の光束分割面を透過屈折させて観察空間に導く、自由曲面又は反射型ホログラフィック面より成る反射面とを有する全反射屈折光学素子と、を備え、

上記反射型空間光変調素子の中心を通る主光線が上記反射面によって反射される点における上記反射面の法線ベクトルと上記第2の光束分割面における法線ベクトルとのなす角は、上記反射面及び上記第2の光束分割面の各面における光線が反射する側をベクトルの正の方向として、136度以上且つ179度以下であり、

上記反射型空間光変調素子の中心を通る主光線が上記照明用光源装置から上記光束分割素子に至る光路を通る光線のうち上記光束分割素子において反射することなく該光束分割素子を透過する光線が、上記全反射屈折光学素子の上記屈折面から入射して上記反射面で

10

20

反射されるように、上記全反射屈折光学素子の上記屈折面と、上記光源光学系の上記光束分割素子の上記第 1 の光束分割面とが配置され、

上記反射型空間光変調素子の中心を通る主光線が上記照明用光源装置から上記光束分割素子に至る光路を通る光線のうち上記光束分割素子において反射することなく該光束分割素子を透過する光線の、上記全反射屈折光学素子の上記反射面により反射された後、上記第 2 の光束分割面を透過する光路が、上記観察空間から外れた領域に向かう構成とされる虚像観察光学装置。

【請求項 2】

上記照明用光源装置と上記光源光学系の光束分割素子の間に偏光子が配置された請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

10

【請求項 3】

上記光源光学系の光束分割素子と上記観察空間の間に検光子が配置された請求項 1 又は 2 に記載の虚像観察光学装置。

【請求項 4】

上記光源光学系の光束分割素子は偏光性光束分割素子である請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

【請求項 5】

上記光源光学系の光束分割素子は無偏光性光束分割素子である請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

【請求項 6】

上記光源光学系の光束分割素子は反射型ホログラム光束分割素子である請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

20

【請求項 7】

上記全反射屈折光学素子の第 2 の光束分割面は偏光性光束分割面である請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

【請求項 8】

上記全反射屈折光学素子の第 2 の光束分割面は無偏光性光束分割面である請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

【請求項 9】

上記全反射屈折光学素子の第 2 の光束分割面は反射型ホログラム光束分割面である請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

30

【請求項 10】

上記全反射屈折光学素子の第 2 の光束分割面と上記反射面の間に四分の一波長板が配置されている請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

【請求項 11】

上記全反射屈折光学素子の反射面、屈折面の少なくとも一つは回転対称軸を有さない自由曲面である請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

【請求項 12】

上記照明用光源装置は光源と導光板とを含む請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

【請求項 13】

上記反射型空間光変調素子は強誘電性液晶型の空間光変調素子である請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

40

【請求項 14】

上記全反射屈折光学素子に隣接して配置され、屈折面を有し、上記全反射屈折光学素子の反射面により反射した光を該屈折面を經由して上記観察空間に導く屈折光学素子を、更に有する請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

【請求項 15】

上記光源光学系は、上記照明用光源装置からの光の入射面又は上記反射型空間光変調素子側の面のうち少なくともいずれか一方の面に自由曲面をもった屈折光学素子を有する請求項 1 記載の虚像観察光学装置。

50

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ビデオカメラのビューファインダ、ヘッドマウント型ディスプレイ等に使用して好適な虚像観察光学装置に関し、特に、反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

空間光変調素子 (Spatial Light Modulator : SLM) は、映像信号を入力し、その画像データに基づいて各画素毎に光を変調するように構成されたデバイスである。空間光変調素子を透過する光を変調する透過型と空間光変調素子を反射する光を変調する反射型がある。本発明の虚像観察光学装置は後者の反射型空間光変調素子を使用する。

10

【0003】

空間光変調素子は液晶、デジタルマイクロミラー等を使用する。特に液晶を使用するものは液晶型空間光変調素子と称される。液晶には、旋光 (偏光導波) モード型、複屈折モード型、光散乱モード型、光吸収モード型等がある。一般的に使用される液晶として、旋光 (偏光導波) モード型のツイステッドネマティック (TN) 動作モードを使用する TN 液晶、複屈折動作モード型のスーパーツイステッドネマティック (STN) 動作モードを使用する STN 液晶及び強誘電性液晶 (FLC) 動作モードを使用する FLC 型の液晶がある。

20

【0004】

図22を参照しての TN 液晶又は STN 液晶を用いた反射型空間光変調素子の構造及び動作原理を説明する。TN 又は STN 液晶反射型空間光変調素子90は1対の電極部とその間に挿入された液晶材料95と下側の反射板96とを含む。上側の電極部はガラス基板91Aとその内側 (下側) の透明電極92Aとその内側 (下側) の配向膜93Aとを含み、下側の電極部はガラス基板91Bとその内側 (上側) の透明電極92Bとその内側 (上側) の配向膜93Bとを含む。

【0005】

上側の電極部のガラス基板91Aの外側 (上側) には偏光子94Aが配置され、下側の電極部のガラス基板91Bの外側 (下側) には検光子94Bが配置されている。2つの偏光子94A、94Bの偏光方向は互いに直交している。

30

【0006】

配向膜93A、93Bは液晶材料95の分子の配向方向を揃える機能を有し、上側の電極部に設けられた配向膜93Aの配向方向は上側の電極部に設けられた偏光子94Aの偏光方向と平行であり、下側の電極部に設けられた配向膜93Bの配向方向は下側の電極部に設けられた検光子94Bの偏光方向と平行である。即ち、2つの配向膜93A、93Bの配向方向は互いに直交している。

【0007】

図22Aは透明電極92A、92Bに電圧が印加されていない電圧非印加状態を示し、図22Bは透明電極92A、92Bに電圧が印加されている電圧印加状態を示す。図22Aの電圧非印加状態では液晶材料95の分子の配向は捻れ状態となり、図22Bの電圧印加状態では液晶材料95の分子は垂直方向に整列した状態となる。TN液晶の場合、電圧非印加状態における分子の捻れ角は90度である。

40

【0008】

図22Aの電圧非印加状態では、上側の偏光子94Aからの偏光97Aは液晶材料95を透過することによって偏光方向が回転する。従って、この偏光97Bは下側の偏光子94Bを透過し、反射板96に到達する。反射板96を反射した偏光97Cは同様に液晶材料95を透過することによって偏光方向が回転し、上側の偏光子94Aを透過する。即ち、入射光と同一経路に戻る。

【0009】

50

しかしながら、図 2 2 B の電圧印加状態では、上側の偏光子 9 4 A からの偏光 9 7 A は液晶材料 9 5 を透過することによって偏光方向が回転しない。従って、この偏光は下側の偏光子 9 4 B を透過することができず、反射板 9 6 に到達しない。即ち、入射光に対する反射光は得られない。

【 0 0 1 0 】

図 2 3 を参照しての F L C を用いた反射型空間光変調素子の構造及び動作原理を説明する。F L C 反射型空間光変調素子 1 0 0 は 1 対の電極部とその間に挿入された液晶材料 1 0 5 とを含む。上側の電極部はガラス基板 1 0 1 A とその内側（下側）の透明電極 1 0 2 A とその内側（下側）の配向膜 1 0 3 A とを含み、下側の電極部はシリコン基板 1 0 1 B とその内側（上側）のアルミ電極 1 0 2 B とその内側（上側）の配向膜 1 0 3 B とを含む。アルミ電極 1 0 2 B は反射膜としても機能する。上側の電極部のガラス基板 1 0 1 A の外側（上側）には偏光子 1 0 4 が配置されている。

10

【 0 0 1 1 】

図 2 3 A は透明電極 1 0 2 A 及びアルミ電極 1 0 2 B に第 1 の方向の電圧が印加された第 1 の電圧方向状態を示し、図 2 3 B は透明電極 1 0 2 A 及びアルミ電極 1 0 2 B に第 2 の方向の電圧が印加された第 2 の電圧方向状態を示す。図 2 3 C に示すように、第 1 の電圧方向状態では液晶材料 1 0 5 は入射偏光に対して複屈折効果を示さないが、第 2 の電圧方向状態では液晶材料 1 0 5 は入射偏光に対して複屈折効果を示す。

【 0 0 1 2 】

図 2 3 A の第 1 の電圧方向状態では、液晶材料 1 0 5 は複屈折効果を示さないから、偏光子 1 0 4 からの偏光 1 0 7 A は液晶材料 1 0 5 を透過し、偏波状態を変えることなく、アルミ電極（反射膜）1 0 2 B に到達する。アルミ電極（反射膜）1 0 2 B を反射した偏向 1 0 7 B は再び液晶材料 1 0 5 を透過し、偏波状態を変えることなく、偏光子 1 0 4 に到達する。即ち、入射光の偏波状態と同一の偏波状態の光が偏光子 1 0 4 に戻る。従って、偏光子 1 0 4 より出射光が得られる。

20

【 0 0 1 3 】

しかしながら、図 2 3 B の第 2 の電圧方向状態では、偏光子 1 0 4 からの偏光 1 0 7 A は液晶材料 1 0 5 を透過することによって複屈折効果を受け、直線偏光が円偏光に変化する。円偏光はアルミ電極（反射膜）1 0 2 B を反射し、それによって円偏光 1 0 7 B の回転方向は反対方向となる。回転方向が反対となった円偏光 1 0 7 B は再び液晶材料 1 0 5 を透過することによって複屈折効果を受け、直線偏光となる。この直線偏光は偏光子 1 0 4 の偏光方向と直交しており、従って、偏光子 1 0 4 を通過しない。

30

【 0 0 1 4 】

図 2 4 は F L C（強誘電性液晶）を用いた反射型空間光変調素子を有する虚像観察光学系の例を示す。この虚像観察光学系は F L C 反射型空間光変調素子 1 0 0 と偏光子 1 0 4 とハーフミラー 1 1 1 と検光子 1 1 2 とを有する。偏光子 1 0 4 の偏光方向と検光子 1 1 2 の偏光方向は互いに直交している。

【 0 0 1 5 】

F L C 反射型空間光変調素子 1 0 0 は図 2 3 に示した F L C 反射型空間光変調素子と同様であり、詳細な説明は省略する。空間光変調素子は通常、照明用光源装置と共に使用される。図示しない照明用光源装置からの光 1 0 7 A は偏光子 1 0 4 を経由してハーフミラー 1 1 1 に到達する。ハーフミラー 1 1 1 を反射した光 1 0 7 A は F L C 反射型空間光変調素子 1 0 0 を経由して再びハーフミラー 1 1 1 に到達する。ハーフミラー 1 1 1 を透過した偏光 1 0 7 B は検光子 1 1 2 に到達する。

40

【 0 0 1 6 】

上述のように第 1 の電圧方向状態では、液晶材料 1 0 5 は複屈折効果を示さないから、偏光子 1 0 4 からの偏光 1 0 7 A は偏波状態を変化させることなく、検光子 1 1 2 に到達する。従って、照明用光源装置からの光は検光子 1 1 2 を透過しない。しかしながら、第 2 の電圧方向状態では、液晶材料 1 0 5 は複屈折効果を示し、偏光子 1 0 4 からの偏光 1 0 7 B は偏波状態を変化させて検光子 1 1 2 に到達する。従って、照明用光源装置からの光

50

は検光子 104 を透過して出力される。

【0017】

このように、照明用光源装置を使用する理由は、照明用光源装置からの光が液晶材料 105 による複屈折効果を受けないときに、黒表示（ノーマリブラック）とするためである。これは、液晶材料 105 の複屈折効果によって生成される位相差は、液晶材料 105 の膜厚及び入射光の入射角に依存するためである。

【0018】

図 25 を参照して従来の反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学装置の例を説明する。この例は米国特許第 5596451 号に記載された例であり、詳細は同特許を参照されたい。本例の虚像観察光学装置は、立方体形状の偏光ビームスプリッタキューブ 125（以下に単にキューブと称する。）を有し、その対角面に偏光ビームスプリッタ 125E が形成されている。

10

【0019】

図示のようにキューブ 125 の第 1 の面 125A に対応して照明用光源装置 121 及び偏光子 123、第 2 の面 125B に対応して反射型空間光変調器 122、第 3 の面 125C に対応して四分の一波長板 126 及び反射ミラー 127 が配置されている。

【0020】

照明用光源装置 121 からの光は偏光子 123 を経由し、偏光ビームスプリッタ 125E によって偏向され、反射型空間光変調器 122 に到達する。反射型空間光変調器 122 からは、変調された反射光が出力される。この反射光は偏光ビームスプリッタ 125E 及び四分の一波長板 126 を経由し、反射ミラー 127 の凹型反射面を反射する。この反射光は、再び四分の一波長板 126 を経由し、偏光ビームスプリッタ 125E によって偏向され（符号 128A）観察領域 130 の人間の瞳 131 に到達する。

20

【0021】

本例の虚像観察光学装置は次のような欠点を有する。

（1）照明用光源装置 121 からの光の一部は破線 128B にて示すように、迷光として直接的に瞳 131 に到達する。この迷光 128B は反射型空間光変調器 122 によって表示される画像データのノイズとなり、画像情報のコントラストを低下させる。

【0022】

（2）立方体形状の偏光ビームスプリッタキューブ 125 を使用するため、照明用光源装置 121 からの光の入射面 125A、反射型空間光変調器 122 に対応する面 125B、四分の一波長板 126 及び反射ミラー 127 に対応する面 125C、観察領域 130 へ光が出射する面 125D 及び偏光ビームスプリッタ面 125E は平面であり、光学的自由度を有する面が少ない。従って、例えば、反射型空間光変調器 122 の画素ピッチが小さい場合等では十分な解像度が得られないことがある。

30

（3）反射型空間光変調器 122 の寸法が一定であると仮定した場合、見かけの表示画面の寸法を大きくするためには画角を大きくしなければならない。画角を大きくすると焦点距離 f は小さくなる。焦点距離 f を小さくするとペッツバール和 PS の絶対値が大きくなる。即ち、画像の湾曲度は大きくなる。

【0023】

ペッツバール和 PS は、画像の平坦度又は湾曲度を表すパラメータであり、次の式に示すように、屈折率 n 及び焦点 f の関数である。

40

【0024】

【数 1】

$$PS = (1 / n f)$$

【0025】

ペッツバール和がゼロ、即ち、 $PS = 0$ の場合は画像が平坦であることを表す。ペッツバール和 PS の絶対値が大きいくほど、画像の湾曲度が大きいことを示す。図 25 の例では、反射ミラー 127 の凹型反射面のみによって光学系全体の屈折力を負担しており、 $n = -1$ 、 $f > 0$ である。従って、ペッツバール和は $PS < 0$ となる。

50

【0026】

(4) 偏光ビームスプリッタキューブと反射ミラーが別個の構成部品であるため、部品点数が多くなり、製造費等が高くなる。また、キューブと反射ミラーの間に空気層があるため、この空気層が無い場合と比べて焦点距離が長くなる。

(5) 偏光ビームスプリッタキューブは製造費が高く及び重量が大きいため、装置の製造費及び重量が大きくなる。

【0027】

図26を参照して従来の反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学装置の他の例を説明する。この例も上述の米国特許第5596451号に記載された例であり、詳細は同特許を参照されたい。本例の虚像観察光学装置は、図25を参照して説明した虚像観察光学装置にて、小さな寸法の立方体形状の偏光ビームスプリッタキューブ124(以下に単にキューブと称する。)を付加的に設けた構成を有する。

10

【0028】

小さな寸法のキューブ124は大きな寸法のキューブ125と同様な構成を有し、その対角面に偏光ビームスプリッタ124Eが形成されている。図示のように、小さな寸法のキューブ124の第1の面124Aに対応して照明用光源装置121、第2の面124Bに対応して反射型空間光変調器122、第3の面124Cに対応して大きな寸法のキューブ125が配置され、この大きな寸法のキューブ125の第3の面125Cに対応して四分の一波長板126及び反射ミラー127が配置されている。

【0029】

照明用光源装置121からの光は小さなキューブ124の偏光ビームスプリッタ124Eによって偏向され、反射型空間光変調器122に到達する。反射型空間光変調器122からは、変調された反射光が出力される。この反射光は2つの偏光ビームスプリッタ124E及び125Eと四分の一波長板126を経由し、反射ミラー127の凹型反射面を反射する。この反射光は、再び四分の一波長板126を経由し、偏光ビームスプリッタ125Eによって偏向され(符号128A)観察領域130の人間の瞳131に到達する。

20

【0030】

本例の虚像観察光学装置では、照明用光源装置121からの光の一部は破線128Bにて示すように偏光ビームスプリッタ124Eを透過するが、観察領域130に到達しない。従って、迷光によって画像データにノイズが生ずることはない。従って、本例では上述の3つの欠点の内、第1の欠点(1)は回避されるが、他の欠点は依然として残る。

30

【0031】

図27を参照して従来の虚像観察光学系の他の例を説明する。図27Aに示す虚像観察光学系は、照明用光源装置141とFLC反射型空間光変調素子142Aと偏光ビームスプリッタ143と凹面反射鏡144とを有する。本例の偏光ビームスプリッタ143はガラス基板の上に偏光性光束分割膜を塗布した構造を有する。図27Bに示す虚像観察光学系では、空間光変調素子としてTN結晶型反射型空間光変調素子142Bを使用し、更に、偏光ビームスプリッタ143と凹面反射鏡144の間に四分の一波長板145を設ける。

【0032】

照明用光源装置141からの光は偏光ビームスプリッタ143を経由して反射型空間光変調素子142A、142Bに到達する。反射型空間光変調素子142A、142Bからの光は偏光ビームスプリッタ143によって偏向され凹面反射鏡144を反射して観察空間130の瞳131に達する。

40

【0033】

図27の例では、立方体形状の偏光ビームスプリッタキューブを使用する代わりに板状の偏光ビームスプリッタ143を使用する。従って、上述の第5の欠点は回避される。しかしながら、この例では、次のような欠点が存在する。

(1) 光学系の寸法関係が同一の場合、キューブを使用する場合に比べて、屈折力を発生する反射鏡の焦点距離が長くなり、光学的な倍率が小さくなる。光学的倍率が小さくなると見かけの表示画像の寸法が小さくなる。尚、虚像結像のための焦点距離は、虚像距離が

50

無限遠の場合、反射型空間光変調素子と反射鏡の主点間の物理的距離をその間の媒質の屈折率によって除した値である。

(2) 板状の偏光ビームスプリッタでは、全可視光帯域にてP偏光透過率及びS偏光透過率の両者を高くすることは困難である。図27Bに示す例のように、反射型空間光変調素子として反射型TN液晶空間光変調素子を使用し、反射鏡と偏光ビームスプリッタの間に四分の一波長板を配置した場合でも、光利用効率を十分高くすることができない。

(3) 例えば、構成面を曲面にすることができる内部充填型の偏光ビームスプリッタと比べた場合、自由面光学的自由度を有する面が少ない。従って、解像度、像面湾曲量等の収差補正が十分に達成できない場合がある。

【0034】

【発明が解決しようとする課題】

図28を参照して虚像観察光学装置の他の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置10と光学フィルム15と反射型空間光変調器20と第1及び第2のハーフミラー21、22と凹面反射鏡23とを有する。

【0035】

虚像観察光学装置は更に、映像信号1を入力するシステムコントローラ2とシステムコントローラ2からの信号を入力する照明用光源装置駆動回路4及び反射型空間光変調器駆動回路6とを含む制御回路を有する。照明用光源装置駆動回路4はシステムコントローラ2からの信号に基づいて照明用光源装置10に光源駆動信号を供給し、反射型空間光変調器駆動回路6はシステムコントローラ2からの信号に基づいて反射型空間光変調器20に駆動信号を供給する。

【0036】

照明用光源装置10は光源11とリフレクタ12と導光板13及び反射板14とを有する。光源11からの光は直接又はリフレクタ12を反射して導光板13に導入される。導光板13に導入された光の一部は、直接、前面13Aより出射されるが、他の部分は2つの面13A、13B及び反射板14の間を繰り返し反射した後に前面13Aより出射される。導光板13の断面を楔形にすることによって、導光板13の前面13Aから出射される光の強さは、光源11から近い部分から遠い部分まで均一化される。

【0037】

導光板13からの光は光学フィルム15に到達する。光学フィルム15は導光板13からの光束の発散角DAを制御する機能を有し、その性能は半値発散角HDAによって表される。半値発散角HDAは光強度がピーク値の半分になる立体角の2分の1になる角度である。

【0038】

光学フィルム15を経由した光は、第1のハーフミラー21を反射し、反射型空間光変調器20に到達し、それによって変調される。反射型空間光変調器20からの光は、第1のハーフミラー21を透過し第2のハーフミラー22を反射し、凹面反射鏡23を反射し、第2のハーフミラー22を透過して観察空間130の瞳131に到達する。

【0039】

図29は図28の虚像観察光学装置の光学系を模式的に示した図である。図29を参照して図28の虚像観察光学装置の光学系を詳細に説明する。この図から明らかなように、この虚像観察光学装置の光学系は、基本的には、光源光学系と接眼光学系からなる。光源光学系は照明用光源装置10からの光を反射型空間光変調器20に導くための光束分割素子、即ち、第1のハーフミラー21を含む。接眼光学系は反射型空間光変調器20からの光を偏向する光束分割素子、即ち、第2のハーフミラー22と反射素子、即ち、凹面反射鏡23とを有する。

【0040】

反射型空間光変調器20と光源光学系の光束分割素子、即ち、第1のハーフミラー21のなす角をとする。反射型空間光変調器20の中心を通る光線、即ち、主光線が接眼光学系の光束分割素子、即ち、第2のハーフミラー22と交わる点をPとし、更に、主光線が

10

20

30

40

50

反射素子、即ち、凹面反射鏡 2 3 と交わる点を Q とする。

【 0 0 4 1 】

点 P における面法線ベクトルを A、点 Q における面法線ベクトルを B とし、2 つのベクトル A、B のなす角を θ とする。本例では、 θ は 4 5 度、 θ' は 1 3 5 度である。また、図示のように、ベクトル B と接眼光学系の光束分割素子 2 2 のなす角は 4 5 度である。

【 0 0 4 2 】

接眼光学系の反射素子 2 3 上の点 Q と光束分割素子 2 2 上の点 P の間の距離を f_1' とし、反射型空間光変調器 2 0 から光束分割素子 2 2 上の点 P までの距離を f_2' とする。反射素子、即ち、凹面反射鏡 2 3 の焦点距離 f' はこの 2 つの距離の和に等しい。

【 0 0 4 3 】

【 数 2 】

$$f' = f_1' + f_2'$$

【 0 0 4 4 】

接眼光学系の反射素子 2 3 上の点 Q から光束分割素子、即ち、第 2 のハーフミラー 2 2 の下端までの距離を L' とし、第 2 のハーフミラー 2 2 の下端から観察空間 1 3 0 の瞳 O までの距離を R' とする。距離 L' は光学系の厚さを表し、距離 R' はアイレリーフを表す。

【 0 0 4 5 】

この例では、焦点距離 f' が比較的長いという欠点がある。また、上述の 2 つのベクトル A、B の間の角度 θ が比較的小さい、例えば、1 3 5 度である。従って、光学系の厚さ距離 L' を小さくすることができなかつた。更に、アイレリーフ又は距離 R' を大きくすることができなかつた。

【 0 0 4 6 】

以上の問題に鑑みて、本発明は、反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学装置において、迷光による画像データのノイズを最小化することを目的とする。

【 0 0 4 7 】

本発明は、反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学装置において、接眼光学系の反射素子の焦点距離を小さくし光学系の倍率を大きくすることを目的とする。

【 0 0 4 8 】

本発明は、反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学装置において、光学系の厚さを最小化し、装置全体の寸法を小型化することを目的とする。

【 0 0 4 9 】

本発明は、反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学装置において、アイレリーフを大きくすることを目的とする。

【 0 0 5 0 】

本発明は、反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学装置において、光学系の収差を低減することを目的とする。

【 0 0 5 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明による虚像観察光学装置は、反射型空間光変調素子と、該反射型空間光変調素子に照明用光線を提供するための照明用光源装置と、上記照明用光源装置から発せられる照明用光線の光路上に配置され、上記照明用光源装置からの照明用光線を反射して上記反射型空間光変調素子に導く第 1 の光束分割面を有する光束分割素子を含む光源光学系と、上記反射型空間光変調素子によって変調された画像光線の上記光束分割素子を透過した出射側に配置され、上記反射型空間光変調素子からの画像光線の入射側に屈折面と、該屈折面から入射した上記画像光線を全反射させる平面の第 2 の光束分割面と、該第 2 の光束分割面によって全反射された上記画像光線を反射し、上記第 2 の光束分割面を透過屈折させて観察空間に導く、自由曲面又は反射型ホログラフィック面より成る反射面とを有する全反射屈折光学素子と、を備え、上記反射型空間光変調素子の中心を通る主光線が上記反射面によって反射される点における上記反射面の法線ベクトルと上記第 2 の光束分割面にお

10

20

30

40

50

る法線ベクトルとのなす角は、上記反射面及び上記第2の光束分割面の各面における光線が反射する側をベクトルの正の方向として、136度以上且つ179度以下であり、上記反射型空間光変調素子の中心を通る主光線が上記照明用光源装置から上記光束分割素子に至る光路を通る光線のうち上記光束分割素子において反射することなく該光束分割素子を透過する光線が、上記全反射屈折光学素子の上記屈折面から入射して上記反射面で反射されるように、上記全反射屈折光学素子の上記屈折面と、上記光源光学系の上記光束分割素子の上記第1の光束分割面とが配置され、上記反射型空間光変調素子の中心を通る主光線が上記照明用光源装置から上記光束分割素子に至る光路を通る光線のうち上記光束分割素子において反射することなく該光束分割素子を透過する光線の、上記全反射屈折光学素子の上記反射面により反射された後、上記第2の光束分割面を透過する光路が、上記観察空間から外れた領域に向かう構成とされる。

10

【0052】

従って、本発明によると、光束分割素子に立てた面法線ベクトルと反射素子に立てた面法線ベクトルのなす角が136度以上且つ179度以下であるため、従来の値、例えば、135度より大きい。従って、照明用光源装置からの迷光が観察空間に到達することはない。また、光学系の寸法を従来の虚像観察光学装置より小さくすることができる。

【0053】

本発明によると、例えば、図3に示すように、虚像観察光学装置は、反射型空間光変調素子と、該反射型空間光変調素子に照明用光線を提供するための照明用光源装置と、上記照明用光源装置からの照明光線を上記反射型空間光変調素子に導くための光源光学系と、上記反射型空間光変調素子からの画像光線を観察空間に導くための接眼光学系とを有し、上記光源光学系は上記照明用光源装置からの照明光線を偏向させて上記反射型空間光変調素子に導くための光束分割素子を含み、該接眼光学系は内部に屈折率が1より大きい媒質によって充填された屈折光学素子を含み、該接眼光学系屈折光学素子は上記反射型空間光変調素子からの画像光線を受け入れるための屈折面と上記画像光線を偏向させるための光束分割面と該光束分割面によって偏向された光を反射させて上記観察空間に導くための反射面とを有する。

20

【0054】

こうして本発明によると、光学系を屈折光学素子によって構成するため、屈折光学素子の各面を曲面、例えば、回転対称軸を有さない自由曲面又は回転対称軸を有する非球面にすることができ、それによって、屈折光学素子の各面に、収差補正機能及び屈折力を付与することができる。

30

【0055】

本発明によると、例えば、図5に示すように、虚像観察光学装置は、反射型空間光変調素子と、該反射型空間光変調素子に照明用光線を提供するための照明用光源装置と、上記照明用光源装置からの照明光線を上記反射型空間光変調素子に導くための光源光学系と、上記反射型空間光変調素子からの画像光線を観察空間に導くための接眼光学系とを有し、上記光源光学系及び上記接眼光学系はそれぞれ内部に屈折率が1より大きい媒質によって充填された屈折光学素子を含み、上記光源光学系屈折光学素子は上記照明用光源装置からの照明光線を受け入れるための第1の屈折面と上記反射型空間光変調素子からの画像光線を受け入れるための第2の屈折面と上記照明用光源装置からの照明光線を偏向させて上記反射型空間光変調素子に導くための光束分割面を含み、上記接眼光学系屈折光学素子は上記画像光線を受け入れるための屈折面と上記画像光線を偏向させるための光束分割面と該光束分割面によって偏向された光を反射させて上記観察空間に導くための反射面とを有する。

40

【0056】

本発明によると、光学系は光源光学系屈折光学素子と接眼光学系屈折光学素子を接合して1つの屈折光学素子として一体的な構造を有するため、製造工程が簡単となり、コンパクトな構造の虚像観察光学系が得られる。

【0057】

50

本発明によると、例えば、図7に示すように、虚像観察光学装置は、反射型空間光変調素子と、該反射型空間光変調素子に照明用光線を提供するための照明用光源装置と、上記照明用光源装置からの照明光線を上記反射型空間光変調素子に導くための光源光学系と、上記反射型空間光変調素子からの画像光線を観察空間に導くための接眼光学系とを有し、上記光源光学系は内部に屈折率が1より大きい媒質によって充填された屈折光学素子を含み、上記接眼光学系は内部に屈折率が1より大きい媒質によって充填された2つの屈折光学素子を含み、上記光源光学系屈折光学素子は上記照明用光源装置からの照明光線を受け入れるための第1の屈折面と上記反射型空間光変調素子からの画像光線を受け入れるための第2の屈折面と上記照明用光源装置からの照明光線を偏向させて上記反射型空間光変調素子に導くための光束分割面を含み、上記接眼光学系の第1の屈折光学素子は上記光源光学系屈折光学素子からの画像光線を受け入れるための屈折面と上記画像光線を偏向させるための光束分割面と該光束分割面によって偏向された光を反射させて再び上記光束分割面に導くための反射面とを含み、上記接眼光学系の第2の屈折光学素子は上記接眼光学系の第1の屈折光学素子の光束分割面からの光を受け入れるための第1の屈折面と該第1の屈折面からの光を上記観察空間に導くための第2の屈折面とを有する。

10

【0058】

上記光源光学系屈折光学素子、上記接眼光学系の第1及び第2の屈折光学素子、は光学的に密着接合されている。

【0059】

本発明によると、光源光学系の屈折光学素子と接眼光学系の屈折光学素子を、互いに接合された1つ又は2つの屈折光学素子より構成することができるから、虚像観察光学装置の組立作業が簡単化され、小型化される。

20

【0060】

本発明によると、例えば、図8に示すように、虚像観察光学装置は、反射型空間光変調素子と、該反射型空間光変調素子に照明用光線を提供するための照明用光源装置と、上記照明用光源装置からの照明光線を上記反射型空間光変調素子に導くための光源光学系と、上記反射型空間光変調素子からの画像光線を観察空間に導くための接眼光学系とを有し、上記光源光学系は内部に屈折率が1より大きい媒質によって充填された屈折光学素子を含み、上記接眼光学系は内部に屈折率が1より大きい媒質によって充填された2つの屈折光学素子を含み、上記光源光学系屈折光学素子は上記照明用光源装置からの照明光線を受け入れるための第1の屈折面と上記反射型空間光変調素子からの画像光線を受け入れるための第2の屈折面と上記照明用光源装置からの照明光線を偏向して上記反射型空間光変調素子に導くための光束分割面を含み、上記接眼光学系の第1の屈折光学素子は上記光源光学系屈折光学素子からの画像光線を受け入れるための屈折面と上記画像光線を偏向させるための光束分割面と該光束分割面によって偏向された光を反射させて再び上記光束分割面に導くための反射面とを含み、上記接眼光学系の第2の屈折光学素子は上記接眼光学系の第1の屈折光学素子の光束分割面からの光を受け入れるための第1の屈折面と該第1の屈折面からの光を上記観察空間に導くための第2の屈折面とを有する。

30

【0061】

本発明によると、光学系は光源光学系屈折光学素子と接眼光学系の2つの屈折光学素子からなり、多数の光学面を有する。従って、これらの屈折光学素子の各面を自由曲面、球面、非球面等の曲面にすることによって収差を低減し屈折力を付与することができる。また、屈折光学素子と屈折光学素子の間に、偏光子、検光子、四分の一波長板等を配置することができる。

40

【0062】

本発明によると、例えば、図9及び図10に示すように、虚像観察光学装置は、反射型空間光変調素子と、該反射型空間光変調素子に照明用光線を提供するための照明用光源装置と、上記照明用光源装置からの照明光線を上記反射型空間光変調素子に導くための光源光学系と、上記反射型空間光変調素子からの画像光線を観察空間に導くための接眼光学系とを有し、上記光源光学系は上記照明用光源装置からの照明光線を偏向させて上記反射型空

50

間光変調素子に導くための光束分割素子を含み、該接眼光学系は内部に屈折率が1より大きい媒質によって充填された屈折光学素子を含み、該接眼光学系屈折光学素子は上記反射型空間光変調素子からの画像光線を受け入れるための第1の屈折面と上記画像光線を偏向させるための光束分割面と該光束分割面によって偏向された光を反射させるための反射面と該反射面からの光を上記観察空間に導くための第2の屈折面とを有し、上記第1及び第2の屈折面は上記反射型空間光変調素子の中心を通る主光線を回転対称軸とする回転対称な曲面に形成されている。

【0063】

従って、本発明によると、接眼光学系が1つの屈折光学素子より形成されているため、虚像観察光学装置の組立工程が簡単化される。また、接眼光学系の屈折光学素子の屈折面及び反射面を曲面にすることによって各種の収差を除去することができる。

10

【0064】

【発明の実施の形態】

図1を参照して本発明の虚像観察光学装置の第1の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置10と光学フィルム15と反射型空間光変調器20と第1及び第2のハーフミラー21、22と凹面反射鏡23とを有する。

【0065】

ハーフミラー21、22は反射型ホログラム面であってよい。ハーフミラー21、22の代わりに偏光ビームスプリッタを設け、適宜、四分の一波長板を設けてよい。凹面反射鏡23は反射型ホログラフィック面であってよく、非球面に形成されてよい。尚、非球面は回転対称軸を有する球面でない曲面の意味である。更に、凹面反射鏡23は回転対称軸を有さない自由曲面であってよい。図示していないが、偏光子及び検光子を設けて良い。

20

【0066】

虚像観察光学装置は更に、映像信号1を入力するシステムコントローラ2とシステムコントローラ2からの信号を入力する照明用光源装置駆動回路4及び反射型空間光変調器駆動回路6とを含む制御回路を有する。

【0067】

照明用光源装置10は光源11とリフレクタ12と導光板13及び反射板14とを有する。

【0068】

本例の虚像観察光学装置の構成素子は図28を参照して説明した虚像観察光学装置の構成素子と同様であってよい。しかしながら、本例の虚像観察光学装置の構成素子間の相対的位置関係は図28の例と異なる。

30

【0069】

図28の例の場合と同様に、照明用光源装置10からの光の一部は第1のハーフミラー21を反射して反射型空間光変調器20に到達するが、他は部分は第1のハーフミラー21を透過して凹面反射鏡23に到達し、それを反射する。しかしながら、本例では、凹面反射鏡23を反射した迷光200は観察空間130の瞳131に到達することはない。従って、本例では、迷光200によって画像データに対するノイズが生成されることはない。

40

【0070】

図2を参照して図1の虚像観察光学装置の光学系の動作の詳細を説明する。図2は図29に対応した図であり、同一の部分については同一の参照符号が付されている。本例の光学系は、図29の例と同様に、照明用光源装置10からの光を反射型空間光変調素子20に導き、反射型空間光変調素子20からの光を接眼光学系に導くための光源光学系と光源光学系からの光を観察空間130の瞳131に導くための接眼光学系とを含む。

【0071】

光源光学系は照明用光源装置10からの光を偏向して反射型空間光変調素子20に導くための光束分割素子21を含む。接眼光学系は光源光学系からの光を偏向するための光束分割素子22と光束分割素子22からの光を観察空間130の瞳131に導くための反射素

50

子 2 3 とを有する。

【 0 0 7 2 】

本例では、第 1 のハーフミラー 2 1 が光源光学系の光束分割素子であり、第 1 のハーフミラー 2 1 と反射型空間光変調器 2 0 のなす角 θ_1 は 45° である。また、第 2 のハーフミラー 2 2 が接眼光学系の光束分割素子であり、凹面反射鏡 2 3 が反射素子である。従って、第 2 のハーフミラー 2 2 に立てた面法線ベクトル A と凹面反射鏡 2 3 に立てた面法線ベクトル B のなす角 θ_2 は 145° である。

【 0 0 7 3 】

本例では、 θ_1 は 45° 、 θ_2 は 145° である。また、ベクトル B と第 2 のハーフミラー 2 2 のなす角は 55° である。本例の 2 つのベクトル A、B のなす角 θ_2 は、図 2 8 及び図 2 9 にて示した例の 2 つのベクトル A、B のなす角 θ_1 より大きい。

10

【 0 0 7 4 】

同様に、凹面反射鏡 2 3 上の点 Q と第 2 のハーフミラー 2 2 上の点 P の間の距離を f_1 とし、反射型空間光変調器 2 0 から第 2 のハーフミラー 2 2 上の点 P までの距離を f_2 とする。凹面反射鏡 2 3 の焦点距離 f はこの 2 つの距離の和に等しい。

【 0 0 7 5 】

【 数 3 】

$$f = f_1 + f_2$$

【 0 0 7 6 】

本例の凹面反射鏡 2 3 の焦点距離 f の値を、図 2 9 の例の凹面反射鏡 2 3 の焦点距離 f' の値と比較すると、本例の凹面反射鏡 2 3 の焦点距離 f の値のほうがより小さい。

20

【 0 0 7 7 】

【 数 4 】

$$f < f'$$

【 0 0 7 8 】

従って、本例の虚像観察光学装置では光学系の倍率を従来の場合より大きくすることができる。

【 0 0 7 9 】

凹面反射鏡 2 3 上の点 Q から第 2 のハーフミラー 2 2 の下端までの距離を L とし、第 2 のハーフミラー 2 2 の下端から観察空間 1 3 0 の瞳 O までの距離を R とする。距離 L は光学系の厚さを表し、距離 R はアイレリーフを表す。

30

【 0 0 8 0 】

本例の光学系の厚さ L 及びアイレリーフ R の値を、それぞれ図 2 9 の例の光学系の厚さ L' 及びアイレリーフ R' の値と比較すると、本例の光学系の厚さ L の値の方が小さく、本例のアイレリーフ R の値の方が大きい。

【 0 0 8 1 】

【 数 5 】

$$L < L'$$

$$R > R'$$

【 0 0 8 2 】

図 1 に示した本発明による虚像観察光学装置の第 1 の例に基づく実施例を示すと次のようになる。

40

(1) 照明用光源装置 1 0

(a) 光源 1 1 : 冷陰極管

(b) 光学フィルム 1 5 : 半値発散角 $HDA = 15^\circ$

(2) 反射型空間光変調素子 2 0

(a) 液晶 : TN 型

(b) 表示部 : 対角線長さ $DL = 0.55$ インチ

(c) 画素 : VGA 640×480

(3) 光学系の配置

50

(a) 光源光学系の光束分割素子 = 第 1 のハーフミラー 2 1
4 5 °

(b) 接眼光学系の光束分割素子 = 第 2 のハーフミラー 2 2
反射素子 = 凹面反射鏡 2 3
1 4 5 °

【 0 0 8 3 】

図 3 を参照して本発明による虚像観察光学装置の第 2 の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置 1 0 と光学フィルム 1 5 と偏光子 1 7 と反射型空間光変調器 2 0 と偏光ビームスプリッタ 2 5 と検光子 2 6 と全反射屈折光学素子 3 0 とを有する。偏光ビームスプリッタ 2 5 は例えば、反射型ホログラムであってよい。尚、図示されていないが適宜、四分の一波長板が設けられてよい。本例の照明用光源装置 1 0 は図 1 の第 1 の例の照明用光源装置 1 0 と同様であってよい。

10

【 0 0 8 4 】

検光子 2 6 は表示画像のコントラストを向上させるため及び迷光を低減するために設けられ、その偏光方向は、偏光子 1 7 の偏光方向と直交するように、即ち、クロスニコルの関係となるように配置されている。

【 0 0 8 5 】

本例の接眼光学系は全反射屈折光学素子 3 0 によって構成されている。ここに屈折光学素子はプリズムのように複数の屈折面及び反射面を有する光学素子であるが、プリズムは複数の光学的平面を有するのに対して、屈折光学素子は複数の光学的平面又は曲面を有する。全反射屈折光学素子 3 0 は、屈折率が 1 より大きい媒質によって充填された構造を有し、凹面の屈折面 3 1 と平面の光束分割面 3 2 と内側に凹面の反射面 3 3 とを有する。屈折面 3 1 及び反射面 3 3 は非回転対称な収差を低減するために自由曲面を有する。自由曲面は回転対称軸を有さない曲面形状の意味である。反射面 3 3 は、反射型ホログラフィック面によって形成されてよい。

20

【 0 0 8 6 】

本例の虚像観察光学装置は更に、システムコントローラ 2、照明用光源装置駆動回路 4 及び反射型空間光変調器駆動回路 6 とを含む制御回路を有する。

【 0 0 8 7 】

照明用光源装置 1 0 からの光は光学フィルム 1 5 及び偏光子 1 7 を経由し、偏光ビームスプリッタ 2 5 を反射し、反射型空間光変調器 2 0 に到達する。反射型空間光変調器 2 0 からの光は偏光ビームスプリッタ 2 5 及び検光子 2 6 を経由して全反射屈折光学素子 3 0 に到達する。

30

【 0 0 8 8 】

全反射屈折光学素子 3 0 の屈折面 3 1 を経由した光は、全反射条件下にて光束分割面 3 2 を反射して、反射面 3 3 に到達する。反射面 3 3 を反射した光は光束分割面 3 2 を経由して観察空間 1 3 0 の瞳 1 3 1 に到達する。

【 0 0 8 9 】

次に本例の場合の迷光について説明する。照明用光源装置 1 0 からの光の一部は偏光ビームスプリッタ 2 5 及び検光子 2 6 を透過して全反射屈折光学素子 3 0 の反射面 3 3 を反射する。反射面 3 3 を反射した迷光 2 0 0 は光束分割面 3 2 を経由することによって観察空間 1 3 0 より離れる方向に偏向される。従って、迷光 2 0 0 が観察空間 1 3 0 の瞳 1 3 1 に到達することはない。

40

【 0 0 9 0 】

本例では、偏光ビームスプリッタ 2 5 が光源光学系の光束分割素子であり、偏光ビームスプリッタ 2 5 と反射型空間光変調器 2 0 のなす角が θ である。全反射屈折光学素子 3 0 の光束分割面 3 2 が接眼光学系の光束分割素子であり、反射面 3 3 が反射素子である。従って、全反射屈折光学素子 3 0 の光束分割面 3 2 に立てた面法線ベクトル A と反射面 3 3 に立てた面法線ベクトル B のなす角が θ である。

【 0 0 9 1 】

50

図4を参照して本発明による虚像観察光学装置の第3の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置10と光学フィルム15と偏光子17と反射型空間光変調器20と偏光ビームスプリッタ25と検光子26と全反射屈折光学素子30-1と屈折光学素子30-2とを有する。

【0092】

本例の虚像観察光学装置を図3の第2の例の虚像観察光学装置と比べると、屈折光学素子30-2が付加された点が異なり、それ以外の構成は第2の例と同様であってよい。従って、ここでは、屈折光学素子30-2以外の構成の説明は省略する。

【0093】

本例の接眼光学系は全反射屈折光学素子30-1及び屈折光学素子30-2によって構成されている。屈折光学素子30-2は第1及び第2の屈折面34、35を有し、これらは回転対称軸を有さない自由曲面に形成されてよい。

【0094】

本例の場合の迷光について説明する。照明用光源装置10からの光の一部は偏光ビームスプリッタ25及び検光子26を透過して全反射屈折光学素子30-1の反射面33を反射する。反射面33を反射した迷光200は光束分割面32及び屈折光学素子30-2を経由することによって観察空間130より離れる方向に偏向される。従って、迷光200が観察空間130の瞳131に到達することはない。

【0095】

本例では、第2の例と同様に、偏光ビームスプリッタ25が光源光学系の光束分割素子であり、偏光ビームスプリッタ25と反射型空間光変調器20のなす角が θ である。全反射屈折光学素子30-1の光束分割面32が接眼光学系の光束分割素子であり、反射面33が反射素子である。従って、全反射屈折光学素子30-1の光束分割面32に立てた面法線ベクトルAと反射面33に立てた面法線ベクトルBのなす角が θ である。

【0096】

図3及び図4に示した本発明による虚像観察光学装置の第2及び第3の例に基づく実施例を示すと次のようになる。

(1) 照明用光源装置10

- (a) 光源11：発光ダイオード(LED)
- (b) 光学フィルム15：半値発散角HDA 15°

(2) 反射型空間光変調素子20

- (a) 液晶：FLC型
- (b) 表示部：対角線長さDL = 0.55インチ
- (c) 画素：VGA 640 × 480

(3) 光学系の配置

- (a) 光源光学系の光束分割素子 = 偏光ビームスプリッタ25 45°

(b) 接眼光学系の光束分割素子 = 全反射屈折光学素子30、30-1の光束分割面32
 反射素子 = 全反射屈折光学素子30、30-1の反射面33 145°

【0097】

図5を参照して本発明による虚像観察光学装置の第4の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置10と光学フィルム15と反射型空間光変調器20と屈折光学素子40-1及び全反射屈折光学素子40-2とを有する。

【0098】

本例によると、光源光学系は屈折光学素子40-1によって構成され、接眼光学系は全反射屈折光学素子40-2によって構成される。

【0099】

屈折光学素子40-1は凹面の第1及び第2の屈折面41、43とハーフミラー42とを有する。ハーフミラー42は反射型ホログラム面であってよい。全反射屈折光学素子40

10

20

30

40

50

- 2は屈折面44と平面の光束分割面47と内側に凹面の反射面48とを有する。

【0100】

屈折光学素子40-1と全反射屈折光学素子40-2は、別個の屈折光学素子として構成されてよいが、ハーフミラー42及び屈折面44を介して光学的に密着接合されてよい。2つの屈折光学素子40-1、40-2が光学的に密着接合されている場合、ハーフミラー42及び屈折面44は屈折光学素子40-1、40-2の内部に形成された面である。

【0101】

屈折光学素子40-1及び全反射屈折光学素子40-2によって構成される光源光学系及び接眼光学系は偏心光学系である。従って、屈折光学素子40-1の第1及び第2の屈折面41、43及び全反射屈折光学素子40-2の反射面48は非回転対称な収差を低減するために自由曲面に形成されている。全反射屈折光学素子40-2の反射面48は、例えば、反射型ホログラフィック面であってよい。尚、ハーフミラー42の代わりに偏光ビームスプリッタを設け、四分の一波長板を設けてよい。又、図示していないが、適宜、偏光子及び検光子を設けてよい。

10

【0102】

照明用光源装置10からの光は光学フィルム15を經由し、屈折光学素子40-1の第1の屈折面41を經由し、ハーフミラー42を反射し、第2の屈折面43を經由して、反射型空間光変調器20に到達する。反射型空間光変調器20からの光は、屈折光学素子40-1の第2の屈折面43及びハーフミラー42を經由して全反射屈折光学素子40-2に到達する。

20

【0103】

全反射屈折光学素子40-2に到達した光は屈折面44を經由し、全反射条件下にて全反射屈折光学素子40-2の光束分割面47を反射する。光束分割面47を反射した光は、反射面48を反射し、光束分割面47を經由して観察空間130の瞳131に到達する。

【0104】

次に本例の場合の迷光について説明する。照明用光源装置10からの光の一部はハーフミラー42及び屈折面44を透過して全反射屈折光学素子40-2の反射面48を反射する。反射面48を反射した迷光200は光束分割面47を經由することによって観察空間130より離れる方向に偏向される。従って、本例では迷光200が観察空間130の瞳131に到達することはない。

30

【0105】

本例では、屈折光学素子40-1のハーフミラー42が光源光学系の光束分割素子であり、従って、ハーフミラー42と反射型空間光変調器20のなす角がである。また、全反射屈折光学素子40-2の光束分割面47が接眼光学系の光束分割素子であり、反射面48が反射素子である。従って、全反射屈折光学素子40-2の光束分割面47に立てた面法線ベクトルAと反射面48に立てた面法線ベクトルBのなす角がである。

【0106】

図6を参照して本発明による虚像観察光学装置の第5の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置10と光学フィルム15と反射型空間光変調器20と屈折光学素子40-1と全反射屈折光学素子40-2と屈折光学素子40-3とを有する。

40

【0107】

本例の虚像観察光学装置を図5の第4の例の虚像観察光学装置と比べると、第の屈折光学素子40-3が付加された点が異なり、それ以外の構成は第4の例と同様であってよい。従って、ここでは、屈折光学素子40-3以外の構成の説明は省略する。

【0108】

本例の接眼光学系は全反射屈折光学素子40-2及び屈折光学素子40-3によって構成されている。第2の屈折光学素子40-3は第1及び第2の屈折面46、49を有し、これらは回転対称軸を有さない自由曲面に形成されてよい。

【0109】

本例の場合の迷光について説明する。照明用光源装置10からの光の一部はハーフミラー

50

4 2 及び屈折面 4 4 を透過して全反射屈折光学素子 4 0 - 2 の反射面 4 8 を反射する。反射面 4 8 を反射した迷光 2 0 0 は光束分割面 4 7 及び屈折光学素子 4 0 - 3 を經由することによって観察空間 1 3 0 より離れる方向に偏向される。従って、迷光 2 0 0 が観察空間 1 3 0 の瞳 1 3 1 に到達することはない。

【 0 1 1 0 】

本例では、第 4 の例と同様に、ハーフミラー 4 2 が光源光学系の光束分割素子であり、ハーフミラー 4 2 と反射型空間光変調器 2 0 のなす角が θ である。全反射屈折光学素子 4 0 - 2 の光束分割面 4 7 が接眼光学系の光束分割素子であり、反射面 4 8 が反射素子である。従って、全反射屈折光学素子 4 0 - 2 の光束分割面 4 7 に立てた面法線ベクトル A と反射面 4 8 に立てた面法線ベクトル B のなす角が θ である。

10

【 0 1 1 1 】

図 5 及び図 6 に示した本発明による虚像観察光学装置の第 4 及び第 5 の例に基づく実施例を示すと次のようになる。

(1) 照明用光源装置 1 0

- (a) 光源 1 1 : 発光ダイオード (L E D)
- (b) 光学フィルム 1 5 : 半値発散角 $H D A = 15^\circ$
- (2) 反射型空間光変調素子 2 0

- (a) 液晶 : T N 型
- (b) 表示部 : 対角線長さ $D L = 0.55$ インチ
- (c) 画素 : V G A 640 × 480

20

(3) 光学系の配置

- (a) 光源光学系の光束分割素子 = 屈折光学素子 4 0 - 1 のハーフミラー 4 2
4 0 °
- (b) 接眼光学系の光束分割素子 = 全反射屈折光学素子 4 0 - 2 の光束分割面 4 7
反射素子 = 全反射屈折光学素子 4 0 - 2 の屈折面 4 8
1 4 0 °

【 0 1 1 2 】

図 7 を参照して本発明による虚像観察光学装置の第 6 の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置 1 0 と光学フィルム 1 5 と反射型空間光変調器 2 0 とガラス製屈折光学素子 5 0 とを有する。ガラス製屈折光学素子 5 0 は図示のように 4 つのガラス製屈折光学素子 5 0 - 1、5 0 - 2、5 0 - 3、5 0 - 4 を含む。

30

【 0 1 1 3 】

本例によると、光源光学系は第 1 のガラス製屈折光学素子 5 0 - 1 によって構成され、接眼光学系は第 2、第 3 及び第 4 のガラス製屈折光学素子 5 0 - 2、5 0 - 3、5 0 - 4 によって構成されている。

【 0 1 1 4 】

光源光学系は凹面の第 1 の屈折面 5 1 とハーフミラー 5 2 と凸面の第 2 の屈折面 5 3 を有する。接眼光学系は第 3 の屈折面 5 4 と偏光ビームスプリッタ 5 7 及び四分の一波長板 5 6 と内側に凹面の反射面 5 8 と凹面の第 4 の屈折面 5 9 とを有する。ハーフミラー 5 2 及び第 3 の屈折面 5 4 は紙面に垂直な中心軸を有する円筒面であってよい。

40

【 0 1 1 5 】

ガラス製屈折光学素子 5 0 は、別個の 4 つのガラス製屈折光学素子 5 0 - 1、5 0 - 2、5 0 - 3、5 0 - 4 より構成されてよいが、光学的に密着接合することによって 1 つのガラス製屈折光学素子として構成されてよい。1 つのガラス製屈折光学素子として構成された場合、ハーフミラー 5 2、偏光ビームスプリッタ 5 7 及び四分の一波長板 5 6 はガラス製屈折光学素子 5 0 の内部に形成された面である。

【 0 1 1 6 】

ハーフミラー 5 2 は反射型ホログラム面であってよい。反射面 5 8 は、例えば、反射型ホログラフィック面であってよい。尚、図示していないが、適宜、偏光子及び検光子を設けてよい。

50

【0117】

ガラス製屈折光学素子50の第1、第2及び第3の屈折面51、53、59及び反射面58は、主として、歪曲及び像面湾曲を補正するために非球面にて構成されている。非球面とは、対称軸を有する非球面状曲面の意味である。

【0118】

照明用光源装置10からの光は光学フィルム15を經由し、ガラス製屈折光学素子50の第1の屈折面51を經由して円筒面状のハーフミラー52を反射する。ハーフミラー52を円筒面状にすることによって照明用光源装置10からの照明用光は効率的に均一に反射型空間光変調器20に導かれる。ハーフミラー52からの光は、第2の屈折面53を經由して、反射型空間光変調器20に到達する。反射型空間光変調器20からの光は、第2の屈折面53を經由して、ハーフミラー52に到達する。

10

【0119】

ハーフミラー52を經由した光は、偏光ビームスプリッタ57を反射し、四分の一波長板56を經由して反射面58に到達する。反射面58を反射した光は、再び四分の一波長板56を通過する。

【0120】

反射面58に入射する直線偏光は四分の一波長板56を通過することによって円偏光となる。反射面58を反射した円偏光は四分の一波長板56を通過することによって直線偏光となる。帰路の直線偏光は、往路の直線偏光と直交する偏波状態を有する。四分の一波長板56からの直線偏光は、偏光ビームスプリッタ57及び第3の屈折面59を經由して観察空間130の瞳131に到達する。

20

【0121】

次に本例の場合の迷光について説明する。照明用光源装置10からの光の一部はハーフミラー52を透過して反射面58を反射する。反射面58を反射した迷光200は第3の屈折面59を經由することによって観察空間130より離れる方向に偏向される。従って、本例では迷光200が観察空間130の瞳131に到達することはない。

【0122】

本例では、第1のガラス製屈折光学素子50-1のハーフミラー52が光源光学系の光束分割素子であり、従って、ハーフミラー52と反射型空間光変調器20のなす角がである。また、第2のガラス製屈折光学素子50-2の偏光ビームスプリッタ57が接眼光学系の光束分割素子であり、第4のガラス製屈折光学素子50-4の反射面58が反射素子である。従って、偏光ビームスプリッタ57に立てた面法線ベクトルAと反射面58に立てた面法線ベクトルBのなす角がである。

30

【0123】

図7に示した本発明による虚像観察光学装置の第6の例に基づく実施例を示すと次のようになる。

(1) 照明用光源装置10

(a) 光源11：発光ダイオード(LED)

(b) 光学フィルム15：半値発散角HDA 20°

(2) 反射型空間光変調素子20

40

(a) 液晶：TN型

(b) 表示部：対角線長さDL = 0.45インチ

(c) 画素：SVGA 800 × 600

(3) 光学系の配置

(a) 光源光学系の光束分割素子 = ガラス製屈折光学素子50のハーフミラー52
45°

(b) 接眼光学系の光束分割素子 = ガラス製屈折光学素子50の光束分割面57

反射素子 = ガラス製屈折光学素子50の反射面58

145°

【0124】

50

図 8 を参照して本発明による虚像観察光学装置の第 7 の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置 10 と光学フィルム 15 と偏光子 17 と反射型空間光変調器 20 とガラス製屈折光学素子 60 - 1 と第 1 及び第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2、60 - 3 とを有する。

【 0 1 2 5 】

本例によると、光源光学系はガラス製屈折光学素子 60 - 1 によって構成され、接眼光学系は第 1 及び第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2、60 - 3 によって構成される。尚、本例では、接眼光学系の第 1 及び第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2、60 - 3 を互いに光学的に密着接合して 1 体的な屈折光学素子に形成してよい。更に、ガラス製屈折光学素子 60 - 1 と第 1 及び第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2、60 - 3 とを互いに光学的に密着接合して 1 体的な屈折光学素子に形成してよい。

10

【 0 1 2 6 】

ガラス製屈折光学素子 60 - 1 は凹面の第 1 の屈折面 61 と偏光ビームスプリッタ 63 と凸面の第 2 の屈折面 62 とを有する。第 1 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2 は検光子 64 とハーフミラー 67 と内側に凹面の反射面 68 とを有する。第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 3 は平面の第 1 の屈折面 66 と凹面の第 2 の屈折面 65 とを有する。

【 0 1 2 7 】

ガラス製屈折光学素子 60 - 1 の第 1 及び第 2 の屈折面 61、62 と第 1 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2 の反射面 68 と第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 3 の屈折面 65 は非球面に形成されている。ガラス製屈折光学素子 60 - 1 の偏光ビームスプリッタ 63 は反射型ホログラム面であってよい。第 1 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2 の反射面 68 は、例えば、反射型ホログラフィック面であってよい。ハーフミラー 67 の代わりに偏光ビームスプリッタを設け、更に四分の一波長板を設けてよい。

20

【 0 1 2 8 】

検光子 64 は表示画像のコントラストを向上させるため及び迷光を低減するために設けられ、その偏光方向は、偏光子 17 の偏光方向と直交するように、即ち、クロスニコルの関係となるように配置されている。

【 0 1 2 9 】

照明用光源装置 10 からの光は光学フィルム 15 及び偏光子 17 を経由し、ガラス製屈折光学素子 60 - 1 の第 1 の屈折面 61 を経由して偏光ビームスプリッタ 63 を反射し、第 2 の屈折面 62 を経由して、反射型空間光変調器 20 に到達する。反射型空間光変調器 20 からの光は、ガラス製屈折光学素子 60 - 1 の第 2 の屈折面 62 及び偏光ビームスプリッタ 63 を経由して、第 1 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2 に到達する。

30

【 0 1 3 0 】

第 1 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2 に到達した光は、検光子 64 を経由してハーフミラー 67 及び反射面 68 を反射し、ハーフミラー 67 を透過して第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 3 に到達する。第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 3 に到達した光は第 1 及び第 2 の屈折面 66、65 を経由して観察空間 130 の瞳 131 に到達する。

【 0 1 3 1 】

次に本例の場合の迷光について説明する。照明用光源装置 10 からの光の一部はガラス製屈折光学素子 60 - 1 の偏光ビームスプリッタ 63 を透過して第 1 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2 の反射面 68 を反射する。反射面 68 を反射した迷光 200 は第 2 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 3 の屈折面 65 を経由することによって観察空間 130 より離れる方向に偏向される。従って、本例では迷光 200 が観察空間 130 の瞳 131 に到達することはない。

40

【 0 1 3 2 】

本例では、ガラス製屈折光学素子 60 - 1 の偏光ビームスプリッタ 63 が光源光学系の光束分割素子であり、従って、偏光ビームスプリッタ 63 と反射型空間光変調器 20 のなす角が である。また、第 1 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2 のハーフミラー 67 が

50

接眼光学系の光束分割素子であり、反射面 68 が反射素子である。従って、第 1 のプラスチック製屈折光学素子 60 - 2 のハーフミラー 67 に立てた面法線ベクトル A と反射面 68 に立てた面法線ベクトル B のなす角が である。

【 0 1 3 3 】

図 8 に示した本発明による虚像観察光学装置の第 7 の例に基づく実施例を示すと次のようになる。

(1) 照明用光源装置 10

(a) 光源 11 : 発光ダイオード (L E D)

(b) 光学フィルム 15 : 半値発散角 H D A 20°

(2) 反射型空間光変調素子 20

(a) 液晶 : F L C 型

(b) 表示部 : 対角線長さ D L = 0 . 4 5 インチ

(c) 画素 : S V G A 800 × 600

(3) 光学系の配置

(a) 光源光学系の光束分割素子 = ガラス製屈折光学素子 60 - 1 の偏光ビームスプリッタ 63

45°

(b) 接眼光学系の光束分割素子 = プラスチック製屈折光学素子 60 - 2 のハーフミラー 67

反射素子 = プラスチック製屈折光学素子 60 - 2 の反射面 68

145°

【 0 1 3 4 】

図 9 を参照して本発明による虚像観察光学装置の第 8 の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置 10 と光学フィルム 15 と偏光子 17 と反射型空間光変調器 20 とハーフミラー 21 と検光子 26 とプラスチック製屈折光学素子 70 とを有する。本例によると、接眼光学系はプラスチック製屈折光学素子 70 によって構成される。

【 0 1 3 5 】

プラスチック製屈折光学素子 70 は球面の第 1 の屈折面 71 とハーフミラー 72 と内側の凹面の反射面 73 と非球面の第 2 の屈折面 74 とを有する。ハーフミラー 72 はプラスチック製屈折光学素子 70 の内部に形成された面である。ハーフミラー 72 は反射型ホログラム面であってよい。反射面 73 は反射型ホログラフィック面であってよく、非球面に形成されている。尚、ハーフミラー 72 の代わりに偏光ビームスプリッタを設け、更に四分の一波長板を設けてよい。

【 0 1 3 6 】

照明用光源装置 10 からの光は光学フィルム 15 及び偏光子 17 を経由し、ハーフミラー 21 を反射して、反射型空間光変調器 20 に到達する。反射型空間光変調器 20 からの光は、ハーフミラー 21 及び検光子 26 を経由して、プラスチック製屈折光学素子 70 に到達する。

【 0 1 3 7 】

プラスチック製屈折光学素子 70 に到達した光は、第 1 の屈折面 71 を経由してハーフミラー 72 及び反射面 73 を反射し、ハーフミラー 72 及び第 2 の屈折面 74 を経由して観察空間 130 の瞳 131 に到達する。

【 0 1 3 8 】

次に本例の場合の迷光について説明する。照明用光源装置 10 からの光の一部はハーフミラー 21 及び検光子 26 を透過してプラスチック製屈折光学素子 70 の反射面 73 を反射する。しかしながら、本例では、プラスチック製屈折光学素子 70 の反射面 73 を反射した迷光は観察空間 130 の瞳 131 に到達することはない。

【 0 1 3 9 】

図 10 を参照して本発明による虚像観察光学装置の第 9 の例を説明する。本例の虚像観察光学装置は照明用光源装置 10 と光学フィルム 15 と偏光子 17 と反射型空間光変調器 2

10

20

30

40

50

0とハーフミラー21と検光子26とプラスチック製屈折光学素子80とを有する。本例によると、接眼光学系はプラスチック製屈折光学素子80によって構成される。

【0140】

本例の虚像観察光学装置を図9の第8の例と比較すると、プラスチック製屈折光学素子の反射面の位置が異なり、それ以外の構成は同様であってよい。

【0141】

プラスチック製屈折光学素子80は球面の第1の屈折面81とハーフミラー82と内側の凹面の反射面83と非球面の第2の屈折面84とを有する。ハーフミラー82はプラスチック製屈折光学素子80の内部に形成された面である。ハーフミラー82は反射型ホログラム面であってよい。反射面83は反射型ホログラフィック面であってよく、非球面に形成されている。尚、ハーフミラー72の代わりに偏光ビームスプリッタを設け、更に四分の一波長板を設けてよい。

10

【0142】

照明用光源装置10からの光は光学フィルム15及び偏光子17を経由し、ハーフミラー21を反射して、反射型空間光変調器20に到達する。反射型空間光変調器20からの光は、ハーフミラー21及び検光子26を経由して、プラスチック製屈折光学素子80に到達する。

【0143】

プラスチック製屈折光学素子80に到達した光は、第1の屈折面81を経由してハーフミラー82を透過し、反射面83及びハーフミラー82を反射し、第2の屈折面84を経由して観察空間130の瞳131に到達する。

20

【0144】

次に本例の場合の迷光について説明する。照明用光源装置10からの光の一部はハーフミラー21及び検光子26を透過してプラスチック製屈折光学素子80に到達する。しかしながら、本例では、プラスチック製屈折光学素子80に到達した迷光は観察空間130の瞳131に到達することはない。

【0145】

図9及び図10に示した例では、ハーフミラー21が光源光学系の光束分割素子であり、従って、ハーフミラー21と反射型空間光変調器20のなす角が θ である。また、プラスチック製屈折光学素子70、80のハーフミラー72、82が接眼光学系の光束分割素子であり、反射面73、83が反射素子である。従って、ハーフミラー72、82に立てた面法線ベクトルAとプラスチック製屈折光学素子70、80の反射面73、83に立てた面法線ベクトルBのなす角が θ である。

30

【0146】

図9及び図10に示した本発明による虚像観察光学装置の第8及び第9の例に基づく実施例を示すと次のようになる。

(1) 照明用光源装置10

- (a) 光源11： 発光ダイオード(LED)
- (b) 光学フィルム15： 半値発散角HDA 20°
- (2) 反射型空間光変調素子20
- (a) 液晶： FLC型
- (b) 表示部： 対角線長さDL = 0.55インチ
- (c) 画素： VGA 640 × 800

40

(3) 光学系の配置

- (a) 光源光学系の光束分割素子 = ハーフミラー21
45°
- (b) 接眼光学系の光束分割素子 = プラスチック製屈折光学素子70、80のハーフミラー72、82

反射素子 = プラスチック製屈折光学素子70、80の反射面73、83

135°

50

【 0 1 4 7 】

図 1 1 に本発明による虚像観察光学装置の第 1 0 の例の光線図を示す。本例の虚像観察光学装置の構成は図 7 に示した第 6 の例の構成と同様であるが、本例では四分の一波長板 5 6 が除去されている点異なる。図示のように、観察空間の出射瞳が存在する点に原点を設け、光軸に沿って z 軸、光軸に垂直な面内にて水平方向に x 軸、垂直方向に y 軸をとる。図示のように虚像観察光学系より遠ざかる方向に z 軸の正の方向をとる。本例の光学系の仕様を次に示す。

【 0 1 4 8 】

瞳径： 水平方向の径 1 2 m m × 垂直方向の径 4 m m
(光線収差及び解像度の演算は瞳径 4 m m にて実施した。)

アイレリーフ： 2 0 m m

水平画角： 3 2 度

垂直画角： 2 4 度

歪曲： 5 % 以下

【 0 1 4 9 】

上述のように、実際には、照明光源装置 1 0 からの光は光源光学系、空間光変調器及び接眼光学系を經由して観察空間の出射瞳に到達するが、ここでは、光路を逆に辿る。従って、図示のように、観察空間の出射瞳 S T O から虚像 O B J への光を想定する。この光は接眼光学系、空間光変調素子及び光源光学系を經由して照明用光源装置に至る。

【 0 1 5 0 】

このように光路の経路に存在する光学系の面に、順に番号を付する。例えば、ガラス製屈折光学素子 5 0 の屈折面 5 9 には数字 3 が付され、偏光ビームスプリッタ 5 7 には往路と帰路に対してそれぞれ数字 4 及び 6 が付され、反射面 5 8 には数字 5 が付されている。尚、空間光変調器 2 0 の画素表示面には数字 1 0 が付され、空間光変調器 2 0 の偏光子の両面には、それぞれ往路と帰路に対して 8 及び 9 と 1 1 及び 1 2 が付されている。

【 0 1 5 1 】

各光学面は次の非球面を表す式によって表される。この式の右辺の R D Y は曲率半径、K、a、b、c、d は定数である。

【 0 1 5 2 】

【 数 6 】

$$z = R D Y \cdot h^2 [1 + (1 - (1 + K) R D Y^2 h^2)^{1/2}]^{-1} \\ + a h^4 + b h^6 + c h^8 + d h^{10} \\ h^2 = x^2 + y^2$$

【 0 1 5 3 】

図 1 2 に本例の虚像観察光学装置の光学系のデータを示し、図 1 3 に各光学面のレンズデータを示す。図 1 2 の光学系のデータを簡単に説明する。面番号は図 1 1 に示す光学系の各要素に付された面の番号である。O B J は虚像位置、S T O は瞳、I M G は照明用光源装置である。面番号 8 ~ 1 2 は空間光変調器の各構成面を示す。A S P は非球面であることを示す。R E F L は反射面を示し、R E F L の表示がないのは屈折面を示す。

【 0 1 5 4 】

図 1 3 のレンズデータを簡単に説明する。レンズデータを簡単に説明する。A、B、C、D、K は数 6 の式の係数、X D E、Y D E、Z D E は X Y Z 方向の偏心、A D E、B D E、C D E は X Y Z 軸周りのチルトである。また、表中、G L B G 1 は瞳座標基準、I C : Y は非球面の曲面が複数存在する場合に第 1 の面を対象とすることを意味する。

【 0 1 5 5 】

図 1 4 ~ 図 1 8 は本例の虚像観察光学装置の各面の光線収差を示す曲線である。各図の右側に図示したように、3 つの波長 について、光線収差を求めた。縦軸は主光線の像面上の位置と他の光線の像面上の位置との距離であり単位は m m である。横軸は入射瞳における光線高さであり最大値は ± 2 m m である。各図の中央の最初の括弧は X Y 座標、次の括弧は水平画角及び垂直画角である。

10

20

30

40

50

【0156】

図19～図21はMTF (Modulation Transfer function) を示す。縦軸は変調度、横軸はデフォーカス位置である。光線収差の場合と同様の3つの波長を使用した。3つの波長が1対1対1の割合の合成光線を使用した。各図の左側の括弧は水平画角及び垂直画角である。

【0157】

以上本発明の実施例について詳細に説明してきたが、本発明は上述の実施例に限ることなく本発明の要旨を逸脱することなく他の種々の構成が採り得ることは当業者にとって容易に理解されよう。

【0158】

上述の例では、反射型空間光変調素子として、液晶を含む液晶型空間光変調素子を使用した。しかしながら、本発明の虚像観察光学装置は、反射型空間光変調素子であればどのような形式のものでも使用可能であり、例えば、デジタルマイクロミラーデバイス等の他の反射型空間光変調素子を使用してもよい。

【0159】

また、このように液晶型空間光変調素子以外の反射型空間光変調素子を使用する場合、上述の例と同様に、光源光学系及び接眼光学系において、偏光子及び検光子、四分の一波長板等の位相差板、マイクロレンズ、ディフューザ等の光学素子を適宜組み合わせ使用してよい。

【0160】

上述の例では、照明用光源装置として、光源及び導光板を含む装置を使用した。これ以外の照明用光源装置も可能である。例えば、拡散板又はフライアイレンズとレーザ光源を組み合わせたものであってもよい。

【0161】

【発明の効果】

本発明によると、接眼光学系の光束分割素子に立てた面法線ベクトルAと反射素子に立てた面法線ベクトルBのなす角は136度以上179度以下であり、従って、迷光によるゴーストが低減した虚像観察光学装置を提供することができる利点がある。

【0162】

本発明によると、接眼光学系の光束分割素子に立てた面法線ベクトルAと反射素子に立てた面法線ベクトルBのなす角は136度以上179度以下であり、従って、薄型且つ軽量の虚像観察光学装置を提供することができる利点がある。

【0163】

本発明によると、接眼光学系の光束分割素子に立てた面法線ベクトルAと反射素子に立てた面法線ベクトルBのなす角は136度以上179度以下であり、従って、高倍率且つ高解像度の虚像観察光学装置を提供することができる利点がある。

【0164】

本発明によると、光学系の屈折光学素子の内の1つの屈折光学素子を複屈折が十分小さいもの(通常、ガラス製にする)にすることによって、表示画像のコントラストの劣化を最小化することができる利点がある。従って、光学系を構成する全ての屈折光学素子を複屈折が十分小さいもの(通常ガラス製にする)にする場合と比べて、製造コスト及び光学系の重量が小さくすることができる利点を有する。

【0165】

本発明によると、光学系の光束分割素子又は反射素子を屈折光学素子の1面に設けることによって、組立工程を簡略化することができる利点を有する。

【0166】

本発明によると、屈折光学素子の各面を適当な形状の自由曲面又は非球面に形成することによって、像面湾曲及び歪曲収差を補正することができる。従って、高解像度の虚像観察光学装置を提供することができる利点を有する。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

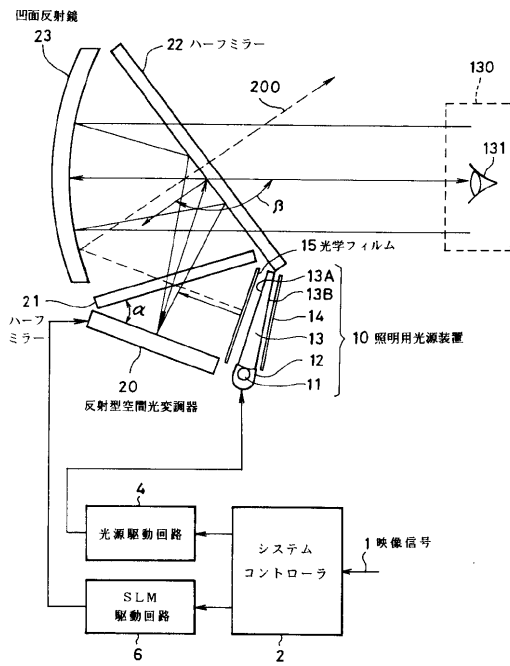
- 【図 1】本発明の虚像観察光学装置の第 1 の例を示す図である。
- 【図 2】本発明の虚像観察光学装置の第 1 の例の詳細を説明するための説明図である。
- 【図 3】本発明の虚像観察光学装置の第 2 の例を示す図である。
- 【図 4】本発明の虚像観察光学装置の第 3 の例を示す図である。
- 【図 5】本発明の虚像観察光学装置の第 4 の例を示す図である。
- 【図 6】本発明の虚像観察光学装置の第 5 の例を示す図である。
- 【図 7】本発明の虚像観察光学装置の第 6 の例を示す図である。
- 【図 8】本発明の虚像観察光学装置の第 7 の例を示す図である。
- 【図 9】本発明の虚像観察光学装置の第 8 の例を示す図である。
- 【図 10】本発明の虚像観察光学装置の第 9 の例を示す図である。 10
- 【図 11】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の光線図である。
- 【図 12】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の光学系のデータを示す図である。
- 【図 13】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例のレンズデータを示す図である。
- 【図 14】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の光線収差を示す図である。
- 【図 15】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の光線収差を示す図である。
- 【図 16】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の光線収差を示す図である。
- 【図 17】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の光線収差を示す図である。
- 【図 18】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の光線収差を示す図である。
- 【図 19】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の M T F を示す図である。
- 【図 20】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の M T F を示す図である。 20
- 【図 21】本発明の虚像観察光学装置の第 10 の例の M T F を示す図である。
- 【図 22】旋光（偏光導波）型液晶を用いた反射型空間光変調素子の構成及び動作を説明するための説明図である。
- 【図 23】複屈折型液晶（F L C）を用いた反射型空間光変調素子の構成及び動作を説明するための説明図である。
- 【図 24】従来の複屈折型液晶（F L C）を用いた反射型空間光変調素子を使用する虚像観察光学系の構成の概略を説明するための説明図である。
- 【図 25】従来の虚像観察光学装置の第 1 の例を示す図である。
- 【図 26】従来の虚像観察光学装置の第 2 の例を示す図である。
- 【図 27】従来の虚像観察光学装置の第 3 及び第 4 の例を示す図である。 30
- 【図 28】虚像観察光学装置の一例を示す図である。
- 【図 29】図 28 に示す虚像観察光学装置の一例の詳細を説明するための説明図である。

【符号の説明】

- 1 0 ... 照明用光源装置、 1 1 ... 光源、 1 2 ... リフレクタ、 1 3 ... 導光板、 1 3 A ... 前面（出射面）、 1 3 B ... 背面、 1 4 ... 反射板、 1 5 ... 光学フィルム、 1 7 ... 偏光子、 2 0 ... 反射型空間光変調器、 2 1 , 2 2 ... ハーフミラー、 2 3 ... 反射鏡、 2 5 ... 偏光ビームスプリッタ、 2 6 ... 検光子、 3 0 , 3 0 - 1 ... 全反射屈折光学素子、 3 0 - 2 ... 屈折光学素子、 3 1 ... 屈折面、 3 2 ... 光束分割面、 3 3 ... 反射面、 3 4 , 3 4 ... 屈折面、 4 0 - 1 ... 屈折光学素子、 4 0 - 2 ... 全反射屈折光学素子、 4 0 - 3 ... 屈折光学素子、 4 1 ... 屈折面、 4 2 ... ハーフミラー、 4 3 , 4 4 , 4 6 ... 屈折面、 4 7 ... 光束分割面、 4 8 ... 反射面、 4 9 ... 屈折面、 5 0 , 5 0 - 1 , 5 0 - 2 , 5 0 - 3 ... ガラス製屈折光学素子、 5 0 - 4 ... ガラス製屈折光学素子、 5 1 ... 屈折面、 5 2 ... ハーフミラー、 5 3 ... 屈折面、 5 6 ... 四分の一波長板、 5 7 ... 偏光ビームスプリッタ、 5 8 ... 反射面、 5 9 ... 屈折面、 6 0 - 1 ... ガラス製屈折光学素子、 6 0 - 2 , 6 0 - 3 ... プラスチック製屈折光学素子、 6 1 , 6 2 ... 屈折面、 6 3 ... 偏光ビームスプリッタ、 6 4 ... 検光子、 6 5 , 6 6 ... 屈折面、 6 7 ... ハーフミラー、 6 8 ... 反射面、 7 0 ... プラスチック製屈折光学素子、 7 1 ... 屈折面、 7 2 ... ハーフミラー、 7 3 ... 反射面、 7 4 ... 屈折面、 8 0 ... プラスチック製屈折光学素子、 8 1 ... 屈折面、 8 2 ... ハーフミラー、 8 3 ... 反射面、 8 4 ... 屈折面 50

、 90 ... 液晶型反射型空間光変調素子、 91A, 91B ... ガラス基板、 92A, 92B ... 透明電極、 93A, 93B ... 配向板、 94A ... 偏光子、 94B ... 検光子、 95 ... 液晶材料、 96 ... 反射板、 100 ... FLC型反射型空間光変調素子、 101A ... ガラス基板、 101B ... シリコン基板、 102A ... 透明電極、 102B ... アルミ電極、 103A, 103B ... 配向膜、 104 ... 偏光子、 105 ... 液晶材料、 111 ... ハーフミラー、 112 ... 検光子、 130 ... 観察空間、 131 ... 瞳、 200 ... 迷光

【図1】



本発明による虚像観察光学装置の第1の例

【図2】

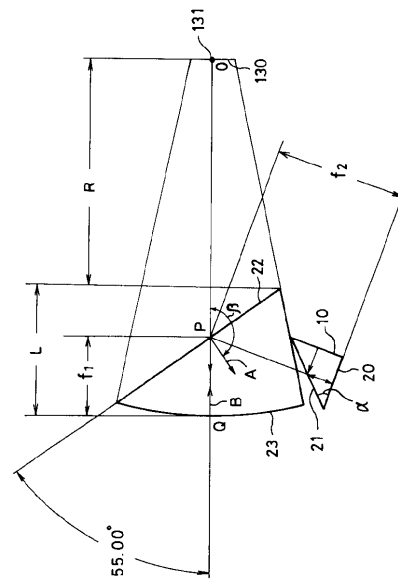
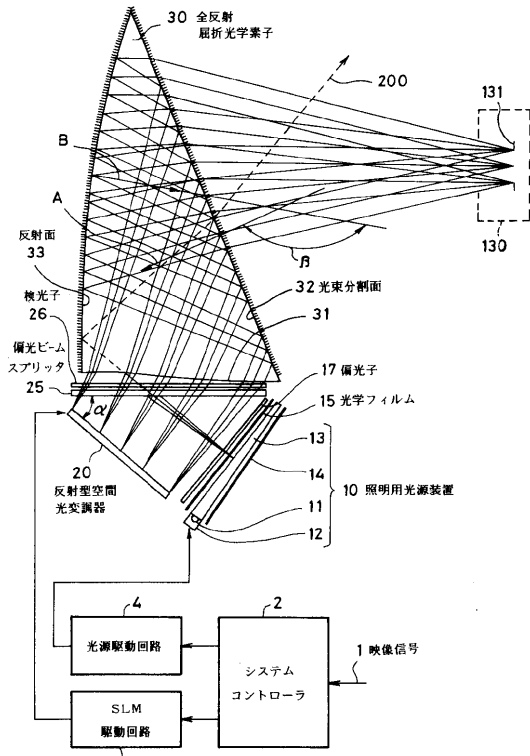


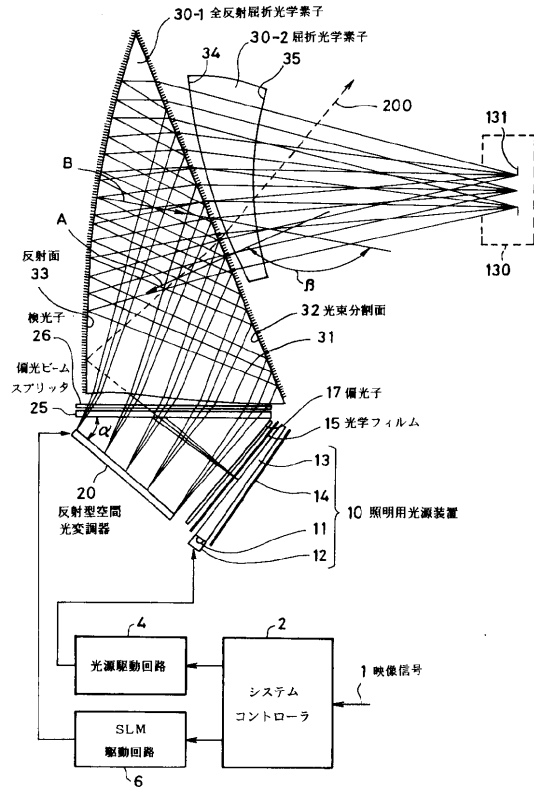
図1の虚像観察光学装置の動作

【図3】



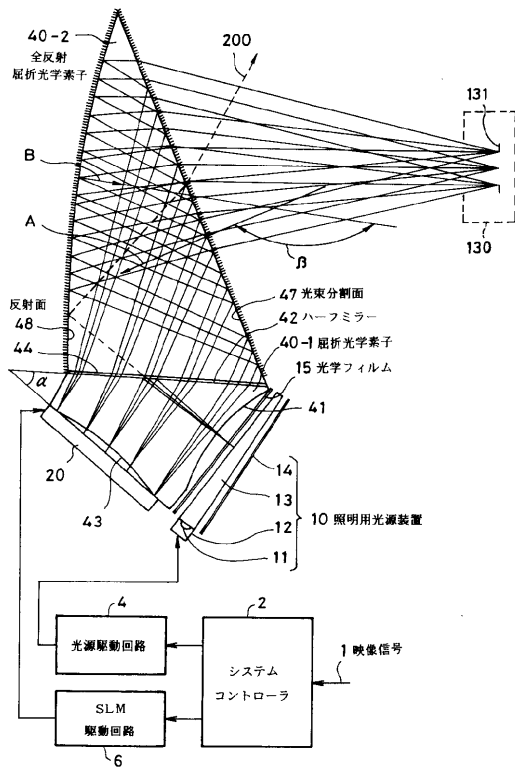
本発明による虚像光学装置の第2の例

【図4】



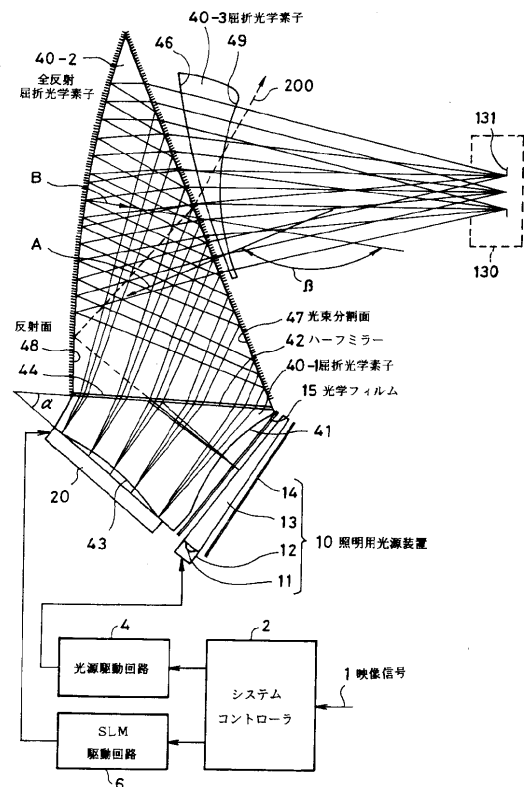
本発明による虚像光学装置の第3の例

【図5】



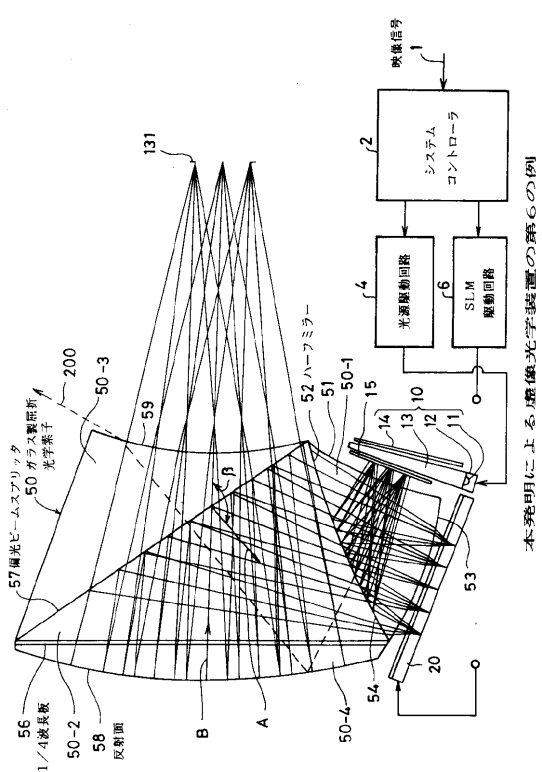
本発明による虚像光学装置の第4の例

【図6】

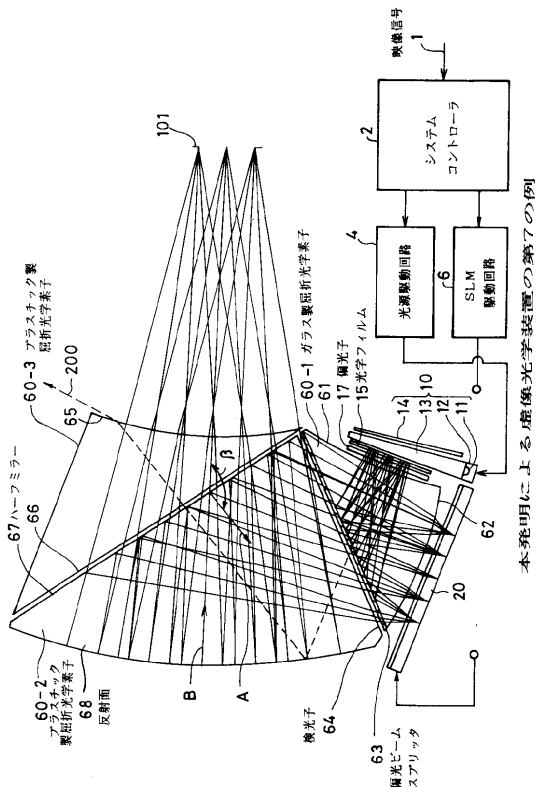


本発明による虚像光学装置の第5の例

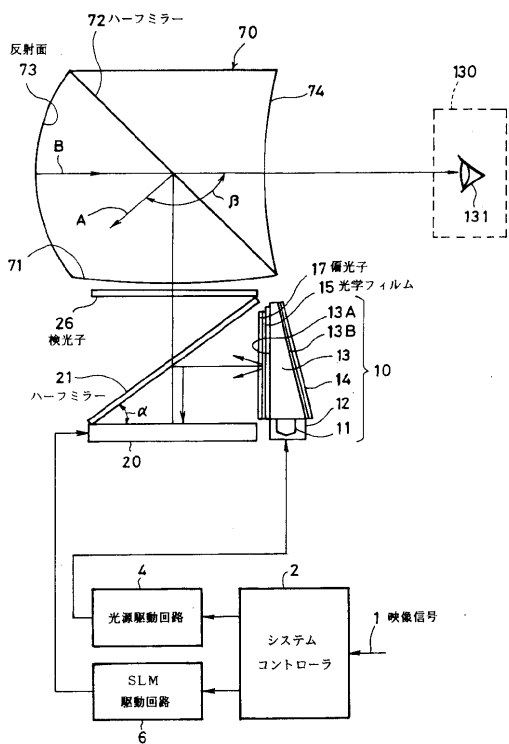
【図7】



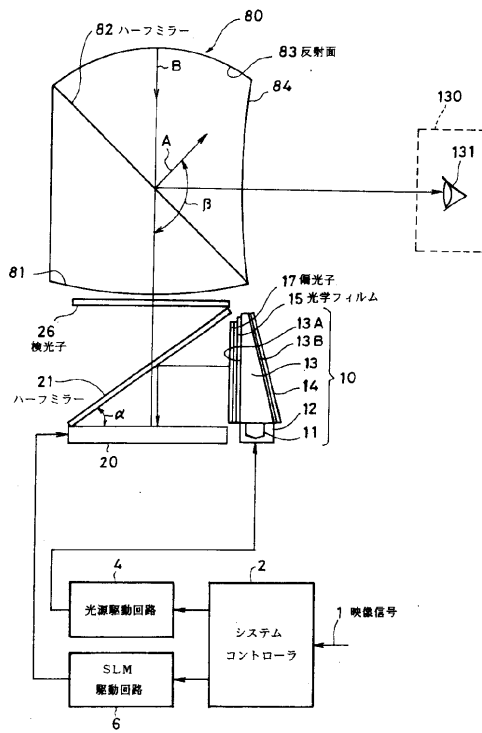
【図8】



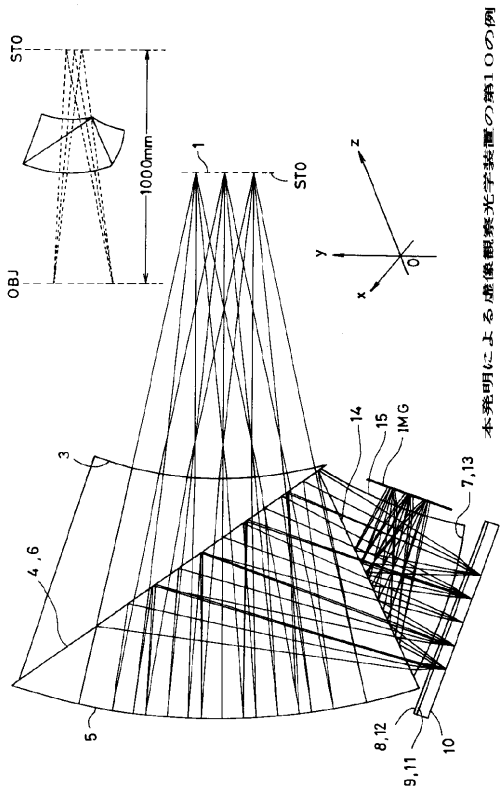
【図9】



【図10】



【図11】



本発明による投影光学装置の第10の例

【図12】

光学系のデータ

面番号	非球面	曲率半径	面間隔	反射モード	屈折モード	光学材料, 屈折率, アップベクトル
OBJ(虚像)			1000.000000			
1		∞	0.000000			
STO(鏡)		∞	0.000000			
3	ASP	27.24063	0.000000			n=1.490000, Ab=56.2500
4		∞	0.000000			n=1.490000, Ab=56.2500
5	ASP	46.65477	-37.000000	REFL		n=1.490000, Ab=56.2500
6		∞	0.000000	REFL		n=1.490000, Ab=56.2500
7	ASP	19.111795	-0.500000			
8		∞	-0.220000			pol n=1.5
9		∞	-0.800000			q glass-IT n=1.46
10(SLM)		∞	0.800000			q glass-IT n=1.46
11		∞	0.220000	REFL		pol n=1.5
12		∞	0.500000			
13	ASP	19.111799	5.000000			n=1.490000, Ab=56.2500
14		∞	-6.000000	REFL		n=1.490000, Ab=56.2500
15		-50.000000	-1.000000			
IMG		∞	0.000000			

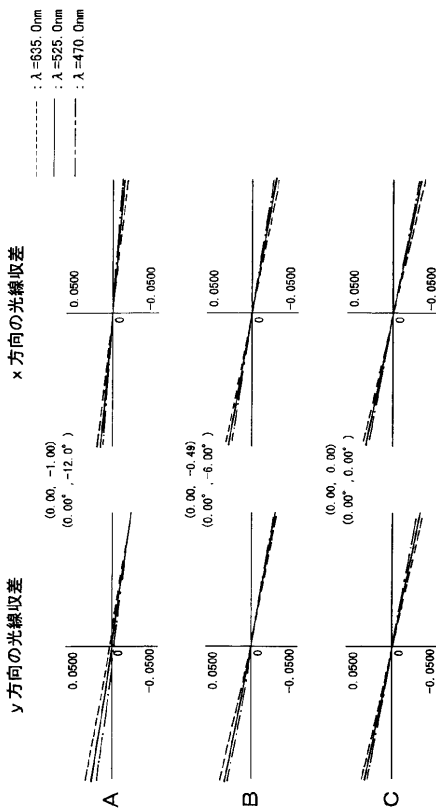
(照明用光源)

【図13】

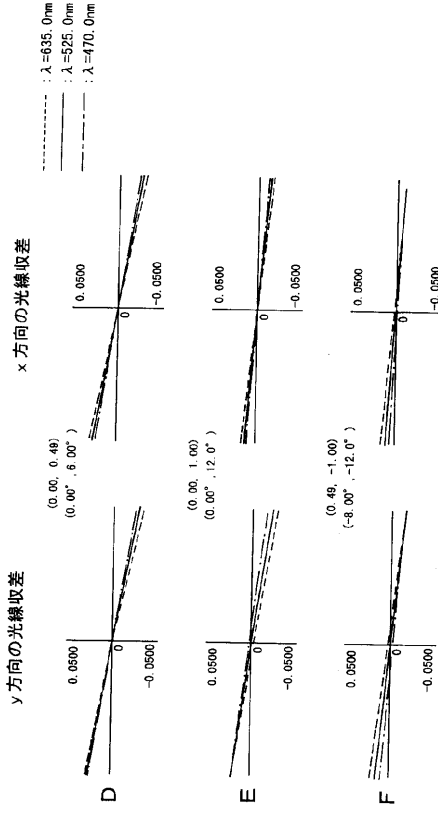
レンズデータ

面番号	XDE	YDE	ZDE	DAR
OBJ (虚像)	0.000000	0.000000	0.000000	DAR
STO (鏡)	0.000000	0.000000	0.000000	DAR
3	K: 0.000000 A: 0.684124E-05 XDE: 0.000000 ADE: 0.000000	IC: Y B: -0.156653E-06 YDE: 0.004678 BDE: 0.000000	C: 0.124457E-09 ZDE: -21.000000 CDE: 0.000000	D: -0.641464E-12 GLB G1
4	XDE: 0.000000 ADE: 35.000000	YDE: 0.000000 BDE: 0.000000	ZDE: -25.000000 CDE: 0.000000	GLB G1
5	K: -1.000000 A: 0.140285E-05 XDE: 0.000000 ADE: 0.000000	IC: Y B: -0.418190E-09 YDE: -0.000827 BDE: 0.000000	C: 0.347916E-11 ZDE: -37.500000 CDE: 0.000000	D: -0.773374E-14 GLB G1
6	XDE: 0.000000 ADE: 35.000000	YDE: 0.000000 BDE: 0.000000	ZDE: -25.000000 CDE: 0.000000	GLB G1
7	K: 0.000000 A: -0.166398E-03 XDE: 0.000000 ADE: 70.000000	IC: Y B: -0.126071E-05 YDE: -15.035082 BDE: 0.000000	C: 0.334021E-07 ZDE: -30.469652 CDE: 0.000000	D: -0.175631E-09 GLB G1
13	K: 0.000000 A: -0.166398E-03 XDE: 0.000000 ADE: 70.000000	IC: Y B: -0.126071E-05 YDE: 15.035082 BDE: 0.000000	C: 0.334021E-07 ZDE: -30.469652 CDE: 0.000000	D: -0.175631E-09 GLB G1
14	XDE: 0.000000 ADE: 45.000000	YDE: 0.000000 BDE: 0.000000	ZDE: 0.000000 CDE: 0.000000	BEN
IMG (照明用光源)	XDE: 0.000000 ADE: 0.000000	YDE: 0.000000 BDE: 0.000000	ZDE: 0.000000 CDE: 0.000000	DAR

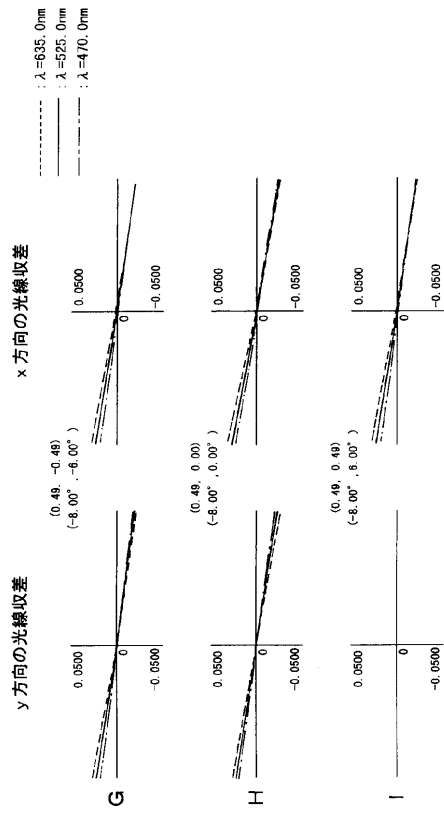
【図14】



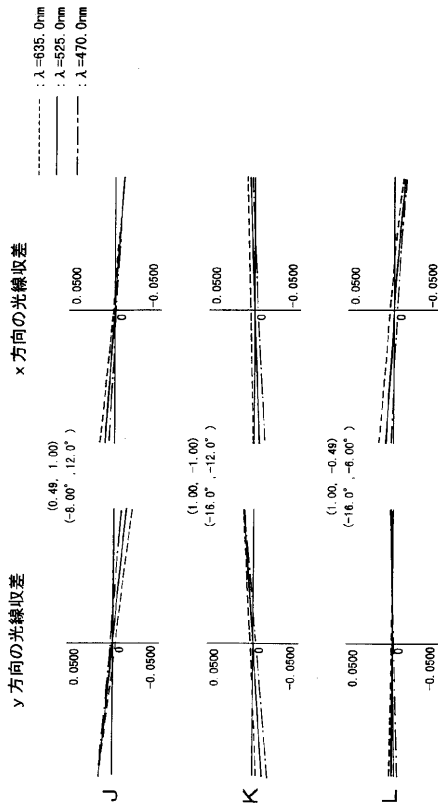
【 図 1 5 】



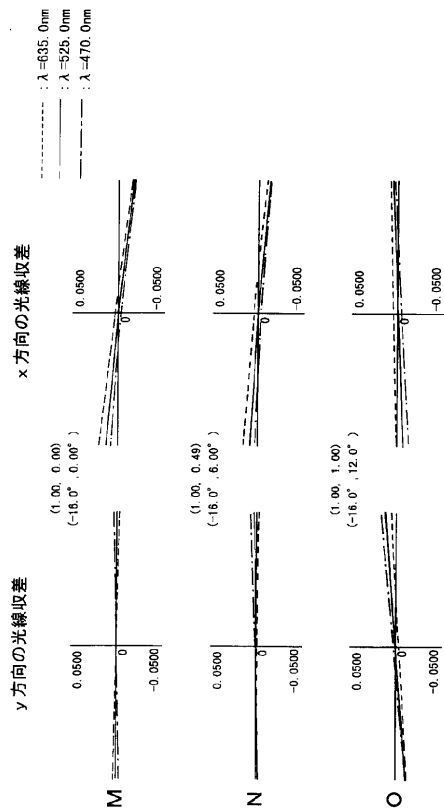
【 図 1 6 】



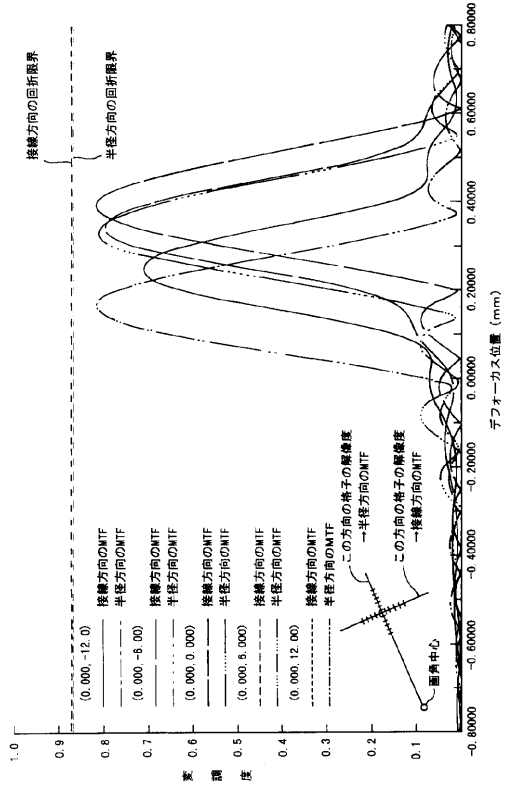
【 図 1 7 】



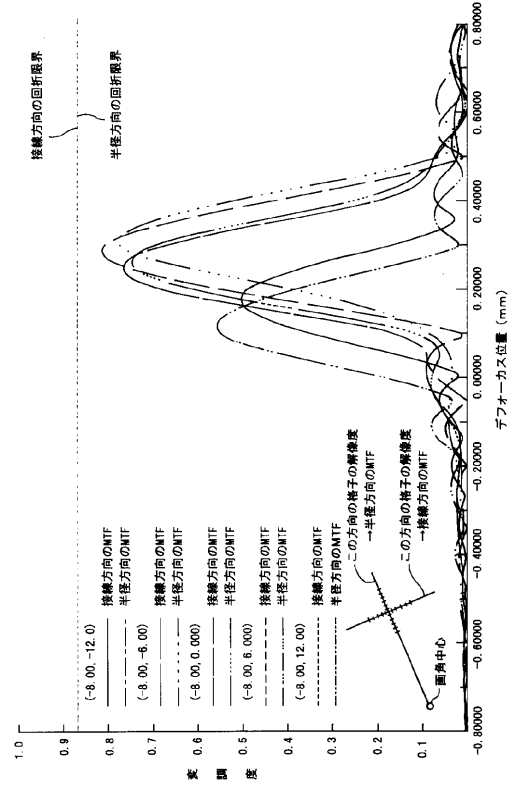
【 図 1 8 】



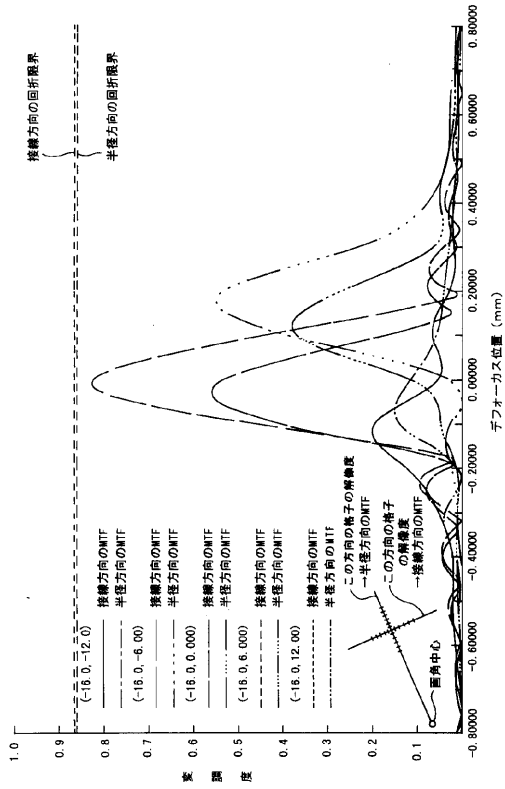
【図19】



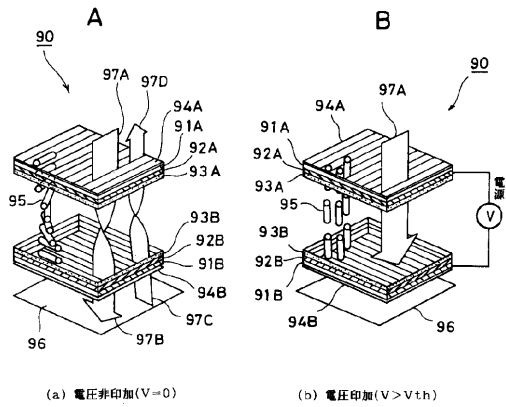
【図20】



【図21】

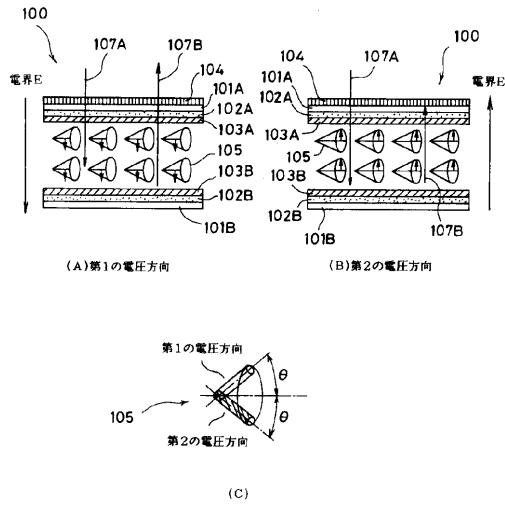


【図22】



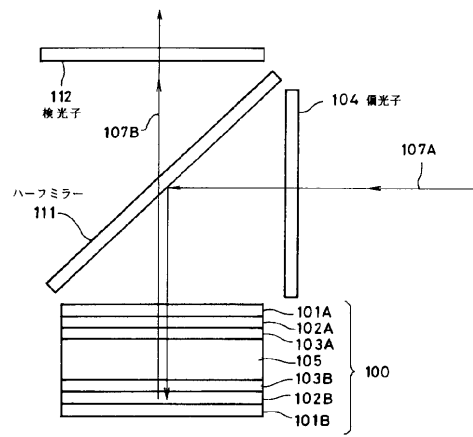
TN, STN液晶を用いた空間光変調素子の動作

【図23】



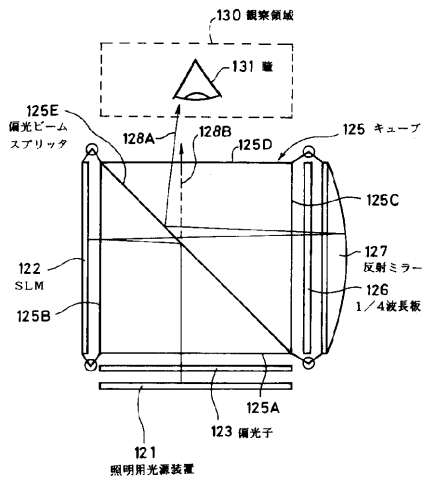
FLCを用いた空間光変調素子の動作

【図24】



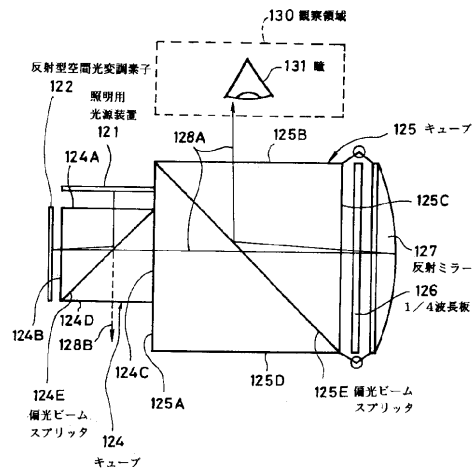
従来の反射型FLC空間光変調素子用照明光学系

【図25】



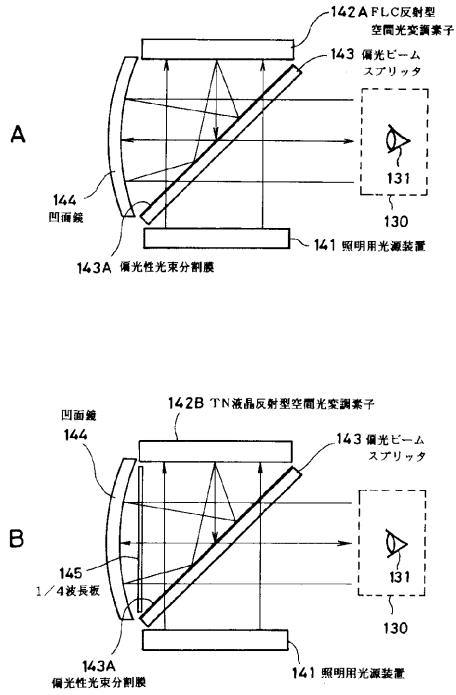
従来の虚像観察光学系の例

【図26】



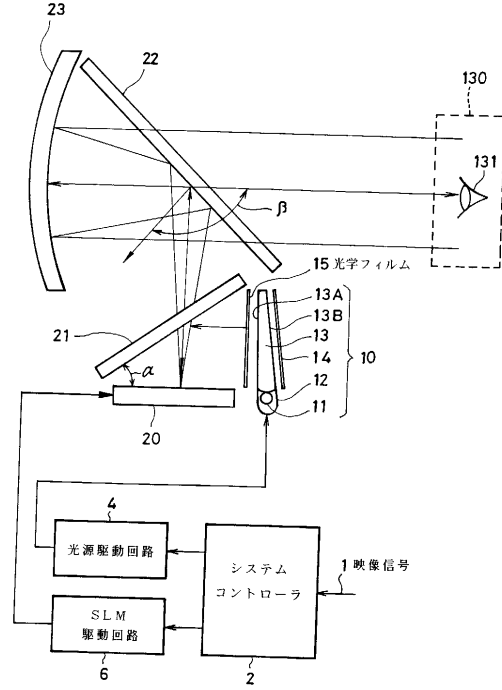
従来の虚像観察光学系の例

【図27】



従来の虚像観察光学装置の例

【図28】



虚像観察光学装置の例

【図29】

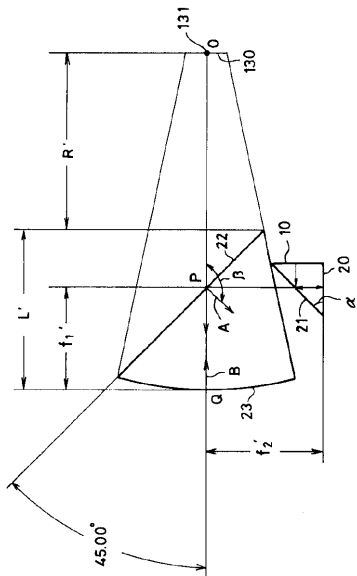


図28の虚像観察光学装置の動作

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-320451(JP,A)
特開平11-133316(JP,A)
特開平10-206790(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 27/02